Mc Graw Hill



Adaptación frente a los RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PAÍSES IBEROAMERICANOS

INFORME RIOCCADAPT

EDITORES
J.M. Moreno
C. Laguna-Defior
V. Barros
E. Calvo Buendía
J.A. Marengo
U. Oswald Spring

Cooperación Española
MEDIO AMBIENTE Y ADAPTACIÓN
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO
riocc

ADAPTACIÓN FRENTE A LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PAÍSES IBEROAMERICANOS – INFORME RIOCCADAPT (2020)

Editado por

McGraw-Hill, Madrid, España
Edificio Valrealty, 1.ª planta
Basauri, 17
28023 Aravaca (Madrid)

Editora: Cristina Sánchez Sáinz-Trápaga
Director General (Sur de Europa): Álvaro García Tejeda
Equipo de preimpresión: Diseño y Control Gráfico
Diseño de cubierta: Mar Nieto Novoa

ISBN (obra impresa): 9788448621643
ISBN (digital): 9788448621650
MHID: 9780008502195
Sitio web: http://rioccadapt.com/

Descargos de responsabilidad: esta publicación cuenta con la colaboración de la Cooperación Española a través de la Agencia Española de Cooperación (AECID), del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MTERD) y de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC). El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja, necesariamente, las posturas de la AECID, la OECC o los países miembros de la RIOCC.

Entidad financiadora: proyecto financiado por el Programa ARAUCLIMA de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

Entidades implicadas:

- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID); *Av. Reyes Católicos 4 - 28040 Madrid*; https://www.aecid.es/ES
- Oficina Española de Cambio Climático (OECC) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MTERD); *Plaza San Juan de la Cruz, S/N, 28003, Madrid*; www.miteco.es
- Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC); http://www.lariocc.es/es/
- Fundación Universidad de Costa Rica; https://fundacionucr.ac.cr/
- Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM); *Av. Carlos III, s/n, 45071, Toledo, España.*

Apoyos técnicos:

- Servicios de traducción: 3rd Floor Translations Inc. (www.3rdfloortranslations.com)
- Servicio externo de diseño gráfico: Annett Böerner (https://dn.com.au/annett-boerner.html)
- Diseño de bases cartográficas: Olga Viedma Sillero (UCLM)
- Diseño del logotipo del proyecto: Magín Franquesa Fuentetaja (UCLM)

Permisos: se podrán descargar, reproducir, difundir e imprimir los contenidos de este informe con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a los autores como fuente y titulares de los derechos de propiedad intelectual, sin que ello implique en modo alguno que los mismos aprueban los puntos de vista, productos o servicios resultantes. Para aquellos contenidos en que específicamente se indique que proceden de terceros, deberá dirigirse a la fuente original señalada para gestionar los permisos.

Se recomienda citar este texto como:
Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y Ú. Oswald Spring (eds.), 2020: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT*. McGraw-Hill, Madrid, España (ISBN: 9788448621643).

Índice

Prólogo V
Resumen para responsables de políticas (español) VII
Sumário para Formuladores de Políticas (portugués) XXXVII

1. Marco conceptual y contexto regional 1
2. Sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación 49
3. Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales 91
4. Ecosistemas marino-costeros 131
5. Biodiversidad 161
6. Recursos hídricos 199
7. Sector agropecuario 237
8. Recursos pesqueros 291
9. Tormentas y huracanes 347
10. Inundaciones y sequías 391
11. Inestabilidad de laderas - deslizamientos 419
12. Incendios forestales 459
13. Asentamientos urbanos y rurales 525
14. Zonas costeras 571
15. Turismo 615
16. Salud humana 651

Anexo I: Glosario RIOCCADAPT 699
Anexo II: Autores, revisores, comité de dirección y comisión de seguimiento del proyecto RIOCCADAPT 711

Prólogo

Desde hace varias décadas sabemos que la crisis climática y ambiental, cuyos impactos ya estamos sintiendo, son la mayor amenaza global que se cierne sobre la humanidad y el planeta. La grave crisis sanitaria actual del COVID-19 nos ha mostrado lo que supone una amenaza global, en este caso, en forma de pandemia. Ambas crisis están estrechamente relacionadas entre sí, la presión humana sobre el planeta ha alterado los hábitats y equilibrios naturales provocando que enfermedades zoonóticas, como el COVID-19, salten a los humanos.

Nuestra atención hoy, más que nunca, debe centrarse en hacer frente a estos retos globales, los gobiernos tienen la responsabilidad de anticiparse y prepararse para proteger a los más vulnerables y construir sociedades más resilientes.

La realidad de esta primera mitad del año 2020 evidencia que el conocimiento y la ciencia del presente y del futuro son críticos para guiar la acción política. La falta de ciencia ante problemas globales y complejos tiene consecuencias negativas para nuestras sociedades. Promover la generación e intercambio de conocimiento para estar más informados y anticipar respuestas a futuro es clave. En la lucha contra el cambio climático, la ciencia lleva años analizando y observando los principales impactos y proyectando su evolución futura: las proyecciones climáticas apuntan a que, si no se ponen en marcha políticas ambiciosas de mitigación y adaptación, los impactos serán cada vez más graves. Los gobiernos deben promover el conocimiento de todo cuanto concierne al cambio climático.

La cooperación regional, el diálogo y el intercambio de información y de experiencias entre países son también piezas claves para hacer frente a estas crisis globales y complejas. La Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climatico (RIOCC), creada en el año 2004, lleva años trabajando para impulsar acciones en esta línea que nos permiten avanzar conjuntamente en la lucha contra el cambio climático, contribuyendo así al Acuerdo de París y a la Agenda 2030.

La región Iberoamericana es rica y variada en recursos naturales y los riesgos climáticos son numerosos y difieren de región en región. Vemos que cada día algunas de las manifestaciones más extremas del clima azotan a nuestros países y afectan a nuestros ciudadanos, a sus bienes y enseres, a sus formas de vida y medios de subsistencia. El hecho de que el clima sea un factor tan importante para la riqueza nacional, bien sea en forma de lo más ligado a la tierra, como es la agricultura, o una de las últimas conquistas de nuestro desarrollo como es el turismo, hace que estar preparados y adoptar medidas de adaptación a los impactos que ya estamos viviendo, y seguirán con el paso de los años, sea una prioridad.

El Informe RIOCCADAPT, *Adaptación frente a los riegos del cambio climático en los países iberoamericanos,* financiado por el Programa ARAUCLIMA de la Cooperación Española, trata de contribuir a facilitar la acción en cuanto a la adaptación al cambio climático a través de la evaluación del conocimiento actual de experiencias en la región en este campo. Para saber qué hacer hay que conocer qué riesgos e impactos nos esperan, lo que se detalla en profundidad en el informe para algunos de los principales sistemas y sectores de la región. El trabajo es fruto de la colaboración de más de un centenar de autores de los países de la región, por lo que es el resultado del conocimiento de quienes viven esta amenaza en el día a día. Es un conocimiento que, desde la ciencia, se traslada a los tomadores de decisiones para que nos sirva de guía en los tiempos difíciles que, muy probablemente, tenemos por delante. No tenemos excusa para no actuar.

Dña. Teresa Ribera Rodríguez
Ministra para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

José M. Moreno, Coordinador del proyecto RIOCCADAPT
Madrid, junio de 2020

Resumen para los responsables de políticas

José M. Moreno (España), Clara Laguna-Defior (España), Paulina Aldunce (Chile), Vicente Barros (Argentina), Bibiana Bilbao (Venezuela), Mercedes Bustamante (Brasil), Eduardo Calvo Buendía (Perú), Inés Camilloni (Argentina), Omar Darío Cardona Arboleda (Colombia), Jorge Cortés (Costa Rica), Gian Carlo Delgado (México), José A. Marengo (Brasil), Carlos Mena (Ecuador), Jaime Mendo (Perú), Ana Rosa Moreno (México), Úrsula Oswald Spring (México), Germán Poveda (Colombia), Fabio R. Scarano (Brasil), Miguel A. Taboada (Argentina) y Sebastián Vicuña (Chile).

Se recomienda citar este texto como:

Moreno J.M., C. Laguna-Defior, P. Aldunce, V. Barros, B. Bilbao, M. Bustamante, E. Calvo Buendía, I. Camilloni, O.D. Cardona Arboleda, J. Cortés, G.C. Delgado, J.A. Marengo, C. Mena, J. Mendo, A.R. Moreno, Ú. Oswald Spring, G. Poveda, F.R. Scarano, M.A. Taboada y S. Vicuña, 2020: Resumen para los responsables de políticas. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y Ú. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España.

ÍNDICE DEL RESUMEN

A) Introducción IX
B) El contexto de los países RIOCC X
C) Relevancia de los sectores y sistemas incluidos en el informe XII
D) Componentes del riesgo e impactos del cambio climático XV
E) Principales riesgos del cambio climático XIX
F) Opciones y actuaciones de adaptación XXIII
G) Ejemplos de experiencias útiles para la adaptación XXVII
H) Barreras y oportunidades de la adaptación XXXI
I) Necesidades futuras para avanzar en la adaptación XXXIV

A) Introducción

Presentación del informe

El Informe RIOCCADAPT tiene por objetivo evaluar las actuaciones sobre adaptación al cambio climático que se están llevando a cabo en los países de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC), esto es, los países de lengua española y portuguesa de América, islas del Caribe y la Península Ibérica (**Figura 1**).

El análisis de la adaptación se ha centrado en algunos de los principales sectores y sistemas para los países RIOCC, incluyendo los riesgos más importantes de la meteorología y climatología extremas, y áreas clave como los asentamientos urbanos y las zonas costeras (**Tabla 1**). Además, en cada uno de los capítulos se incluyen varios casos de estudio de cuyas experiencias pueden sacarse conclusiones útiles para la adaptación.

Con el fin de contextualizar las acciones de adaptación, el informe también incluye un análisis de las vulnerabilidades, así como de los riesgos e impactos del cambio climático.

La adaptación al cambio climático en un marco de riesgo

El cambio climático conlleva riesgos, los cuales surgen como consecuencia de la interacción de tres componentes: amenaza o peligro, exposición y vulnerabilidad (**Recuadro 1, Figura 2**). La materialización del riesgo se manifiesta en forma de impactos, los cuales, a su vez, pueden afectar a las trayectorias de desarrollo y gobernanza o a las amenazas mismas por vía directa o indirecta a través del cambio climático.

La adaptación al cambio climático (ACC) es toda aquella acción, actividad, plan o programa cuyo fin último es reducir o evitar los riesgos derivados del cambio climático y sus con-



Figura 1. Países miembros de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC). Fuente: elaboración propia con datos del SMHI (2008).

Tabla 1. Contenido del informe por capítulos.

Área temática	Capítulo	Temas de los capítulos
I. Introducción general	1	Marco conceptual y contexto regional
	2	Sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación
II. Sistemas naturales	3	Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales
	4	Ecosistemas marino-costeros
	5	Biodiversidad
III. Sistemas gestionados	6	Recursos hídricos
	7	Sector agropecuario
	8	Recursos pesqueros
IV. Riesgos por desastres de origen climático	9	Tormentas y huracanes
	10	Inundaciones y sequías
	11	Inestabilidad de laderas - deslizamientos
	12	Incendios forestales
V. Otras áreas y sectores clave	13	Asentamientos urbanos y rurales
	14	Zonas costeras
	15	Turismo
	16	Salud humana

secuentes impactos a través de la gestión del riesgo, o aprovechar las oportunidades que surjan como consecuencia del cambio climático (**Figura 3**). La adaptación se concibe como algo que se planifica frente a un futuro que será diferente.

Por otro lado, las personas, individual o colectivamente, y las comunidades reaccionan frente a las adversidades que les ocurren, lo cual puede llevarlas a desarrollar acciones con un valor adaptativo. Frecuentemente, las acciones de adaptación quedan englobadas en otras políticas. De hecho, las actuaciones de adaptación más atractivas suelen ser aquellas que ofrecen beneficios de desarrollo, así como una reducción de las vulnerabilidades.

B) El contexto de los países RIOCC

Los países RIOCC abarcan áreas desde el paralelo 43°N hasta el 55°S, con altitudes que llegan a los 6.960 m (Aconcagua, Argentina), mesetas elevadas a gran altitud (Altiplano, 3.800 m) o grandes llanuras (Amazonas, Los Llanos, La Pampa), desiertos de los más extremos (Atacama) a zonas hiperlluviosas (El Chocó, Colombia). Todo ello hace que exista una gran representación de los climas del planeta, así como de los biomas terrestres o marinos. A efectos prácticos, la zona de estudio ha sido dividida en nueve subregiones (**Figura 4**).

Los países RIOCC tienen grandes diferencias socioeconómicas entre sí y dentro de sí mismos. La pobreza está ampliamente repartida. La esperanza de vida es inferior a la de los países más desarrollados. La desigualdad de género sigue dominando. Los países RIOCC son una fuente de emigración hacia dentro de la región o fuera de ella.

En la región vienen experimentándose aumentos de temperatura generalizados asociados a las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico. Los cambios en las precipitaciones son más variados, e incluyen tanto aumentos

Recuadro 1. Algunos conceptos clave relacionados con el riesgo y la adaptación

Amenaza: acaecimiento potencial de un suceso o tendencia física de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar la pérdida de vidas humanas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios y recursos ambientales. En este informe se usa como equivalente a peligro.

Exposición: la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Vulnerabilidad: propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

Riesgo: potencial de consecuencias en que algo de valor humano (incluyendo a los propios seres humanos) está en peligro con un desenlace incierto. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosas multiplicada por las consecuencias en caso de que ocurran tales sucesos (**R = P * C**, donde R = riesgo, P = probabilidad, C = consecuencias o impactos). Los riesgos resultan de la interacción entre la amenaza o peligro, la exposición y la vulnerabilidad, y se expresan como **R = A * E * V** (R = riesgo, A = amenaza, E = exposición, V = vulnerabilidad).

Gestión de riesgos: planes, medidas o políticas aplicados para reducir la probabilidad o las consecuencias de los riesgos o para responder a sus consecuencias.

Adaptación: proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos.

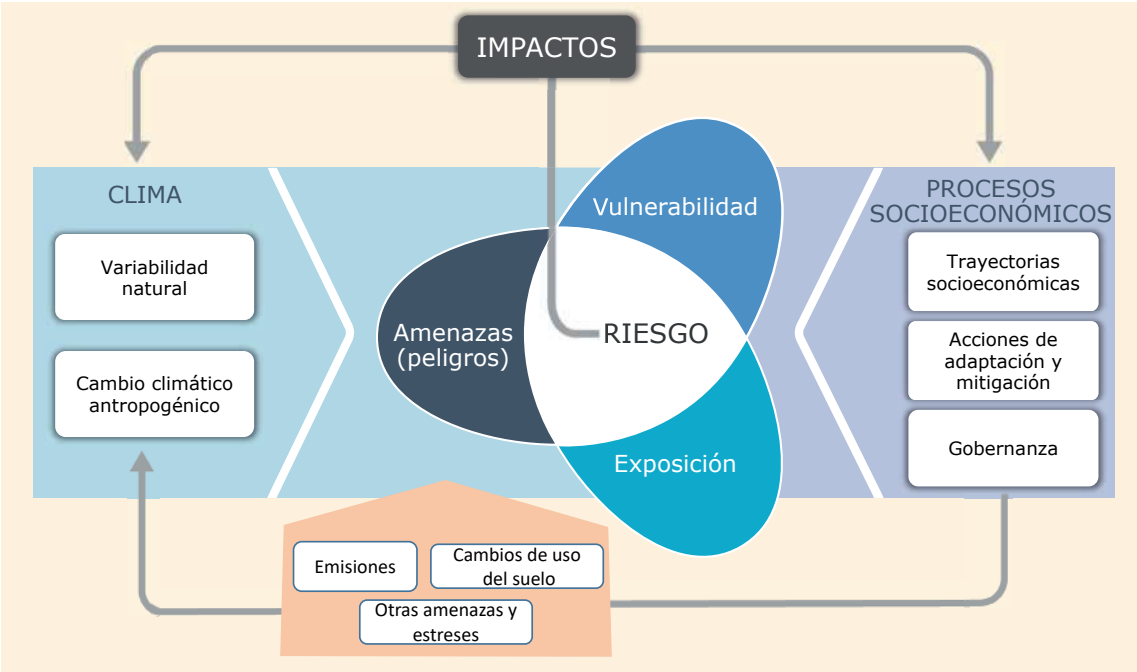


Figura 2. Marco conceptual de riesgo, expresado como el producto de la interacción entre las amenazas del clima y el cambio climático, la exposición y la vulnerabilidad que, en los sistemas humanos, mayoritariamente dependen de los procesos socioeconómicos que determinan las trayectorias socioeconómicas, las acciones de adaptación y mitigación y la gobernanza. Los riesgos se materializan en impactos que, a su vez, pueden afectar al clima o a los procesos socioeconómicos. Estos últimos pueden afectar a otros factores que contribuyen también al riesgo, en tanto que las emisiones de gases de efecto invernadero, los cambios de uso del suelo y otras amenazas y estreses inciden sobre el cambio climático o a través de acciones directas sobre los propios riesgos. Fuente: modificado a partir del Cap. 19, AR5, WG2, IPCC de 2014 (Oppenheimer *et ál.,* 2014).

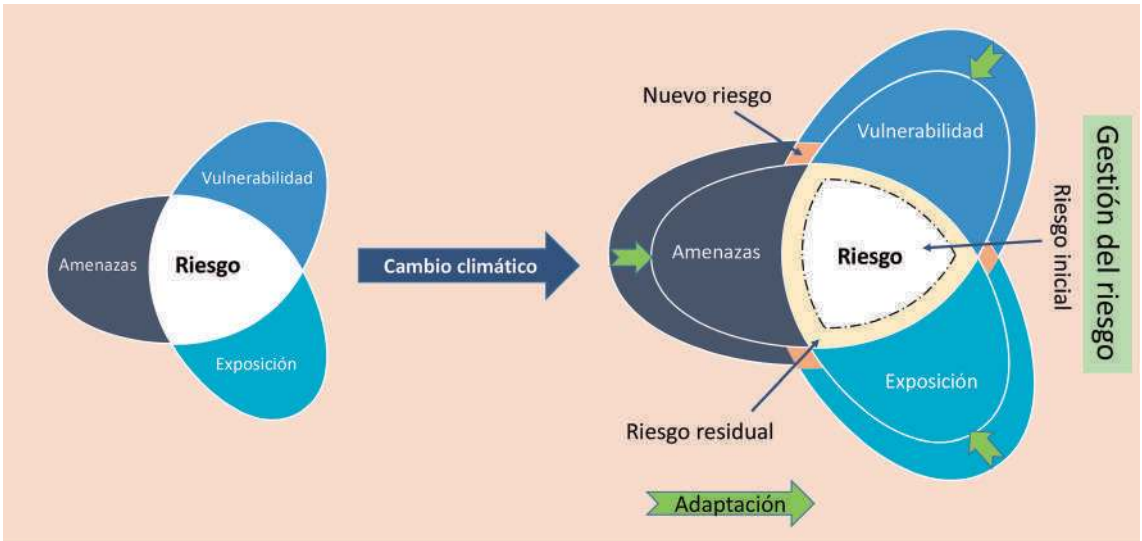


Figura 3. El cambio climático conlleva riesgos mayores a los existentes o nuevos riesgos que requieren ser gestionados para reducir, en la medida de lo posible, los correspondientes impactos. La adaptación trata, por tanto, de actuar sobre los tres componentes del riesgo. La intervención sobre las amenazas climáticas puede ser menos factible, por lo que las actuaciones sobre los otros dos componentes del riesgo serán más importantes. Aun con adaptación, no será posible evitar la totalidad del riesgo, quedando un riesgo residual al que habrá que hacer frente. Fuente: elaboración propia a partir del Cap. 19, AR5, WG2, IPCC de 2014 (Oppenheimer *et ál.,* 2014).

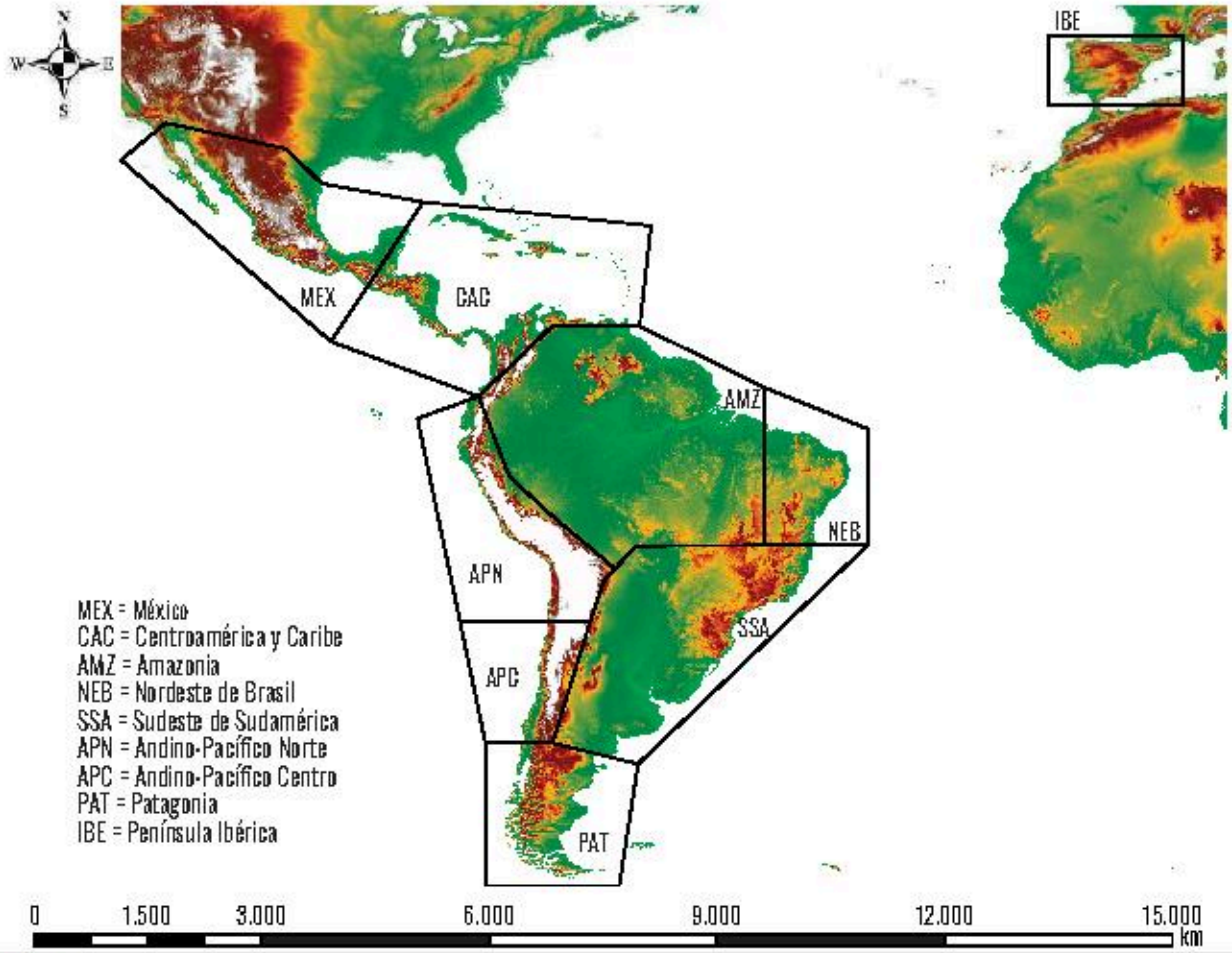


Figura 4. Mapa topográfico de los países RIOCC y división geográfica utilizada en este informe. Fuente: elaboración propia con información de Magrin *et al.* (2014) y Seneviratne *et al.* (2012).

(sudeste de América del Sur) como disminuciones (España, Chile, México, Nordeste de Brasil).

A medio plazo (mediados del siglo xxi o cuando se exceda el 1,5 °C de calentamiento global), se prevé que con el cambio climático sigan aumentando las temperaturas, aunque con variaciones en su magnitud en las distintas subregiones. Las precipitaciones seguirán aumentando donde ya lo vienen haciendo (sudeste de Suramérica) y disminuyendo en las zonas subtropicales semiáridas, tanto en el continente americano como en el europeo (Chile, México, Península Ibérica), o tropicales del Nordeste de Brasil y América Central.

Las emisiones de gases de efecto invernadero están aumentando en algunos países, aunque las emisiones medias por persona son muy inferiores a las de los países más desarrollados. Las emisiones procedentes de los cambios de uso del suelo son muy elevadas en algunos países.

El marco político de cooperación y coordinación de las políticas de lucha contra el cambio climático está poco desarrollado. En general, la lucha contra el cambio climático no ha sido un objetivo prioritario de los distintos entes regionales en los que participan los países de la región.

C) Relevancia de los sectores y sistemas incluidos en el informe

Sociedad, gobernanza e inequidad

La amplia inequidad económica y social, las bolsas de pobreza urbana y periurbana, la población rural, dominante en unos pocos países, que depende de una agricultura prácticamente de subsistencia, así como la también numerosa población indígena y la inequidad de género son, entre otras, algunas de las principales características de

las sociedades de muchos de los países RIOCC. Más aún, mucha de esta población se asienta en zonas de riesgo, y por tanto, está altamente expuesta y es poco resistente frente a los devenires climáticos debido a la abundante vivienda de autoconstrucción y baja calidad. Esto la convierte en altamente vulnerable frente a las amenazas de tipo climático.

Sistemas naturales

Los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales de los países RIOCC contienen cerca de 800 millones de hectáreas de áreas boscosas, 570 millones de hectáreas de sabanas silvestres, 700 millones de hectáreas de tierras productivas, más del 30 % del agua dulce disponible en el planeta y alrededor del 40 % del total de recursos hídricos renovables. Son uno de los activos más valiosos de la región por su importancia estratégica para el desarrollo sostenible. Constituyen la base de una amplia gama de actividades humanas, como la agricultura, la pesca, la silvicultura y el turismo, entre otros, que producen bienes y servicios de mercado, y son una fuente importante de ingresos y empleo.

Los países RIOCC cuentan con una extraordinaria diversidad de ecosistemas marino-costeros que aportan unos servicios socioeconómicos extraordinarios. Esta diversidad de los ecosistemas incluye, entre otros, manglares, estuarios, marismas, praderas de pastos marinos, arrecifes coralinos y bosques de macroalgas, además de aguas profundas.

Iberoamérica tiene una extraordinaria biodiversidad. En general, América alberga el 29 % de todas las especies de plantas con semilla del planeta, el 41 % de las aves, el 35 % de los mamíferos, el 51 % de los anfibios y el 35 % de los reptiles, de los cuales la abrumadora mayoría se encuentra en Sudamérica, Mesoamérica y el Caribe. Se estima que el bosque húmedo amazónico contiene alrededor de una décima parte de todas las plantas y animales. El norte de la cordillera de los Andes por sí solo alberga aproximadamente 45.000 especies de plantas, de las cuales el 44 % son endémicas. La Península Ibérica es también la zona más rica en especies de Europa, con más del 50 % de todas las plantas y animales del continente. A esto hay que añadir la extraordinaria biodiversidad de las islas Canarias, Azores y Madeira. Esta biodiversidad es esencial para el flujo de servicios ecosistémicos y sus funciones, y es vital para la seguridad alimentaria, para la economía y para los valores culturales y de identidad, entre otras cosas.

Sistemas gestionados

Existe una distribución heterogénea de los recursos hídricos disponibles en la región. América Central y Sudamérica son regiones con una alta disponibilidad promedio de recursos hídricos, pero distribuidos de manera heterogénea dentro de la región y de cada país. La cantidad de recursos en términos de la disponibilidad per cápita es muy distinta entre países, siendo cercana al límite del estrés hídrico en algunos de ellos (especialmente en el Caribe y la Península Ibérica).

El principal sector usuario del agua en la región es la agricultura, con valores cercanos al 70 % del uso de agua total, pese a que se practica de manera principal la agricultura de secano, y llegando en algunos casos a representar más del 90 % del consumo de los recursos hídricos. El uso para generación de hidroelectricidad es también un factor relevante en la región comparado con otras regiones del mundo. Pese a mejoras en el acceso a agua potable en las zonas urbanas, sigue siendo un desafío importante en las zonas rurales de muchos países de la región.

La población rural en los países RIOCC alcanza unos 130 millones de personas, con una proporción que varía del 8 al 47 %, según países. Esta produce en total 250,8 millones de toneladas de cereales y oleaginosas, de los cuales cuatro países (Brasil, Argentina, México y España) producen el 84 %. Tres países del conjunto de la RIOCC (Brasil, Argentina y México) concentran el 68,8 % de las tierras agrícolas de la región. Estas tierras se destinan mayormente (72,5 %) a la producción de forraje para el ganado (pastizales y pasturas). El sector agropecuario es responsable del 10 % al 60 % de las emisiones de gases efecto invernadero de los países, siendo la fermentación entérica de los rumiantes la fuente principal de las mismas (34 %-55 %).

El sector agropecuario de los países RIOCC es muy heterogéneo. En la mayor parte de los países de Latinoamérica y el Caribe existe una proporción más o menos elevada de población rural que desarrolla un tipo de agricultura de pequeña escala, con escasa conexión con los mercados internacionales, donde se desarrolla una agricultura familiar y campesina, a menudo de subsistencia, y con uso de prácticas ancestrales, aunque también existe desarrollo capitalista en huertas familiares. Por el contrario, hay países con menor población rural y mayor extensión de tierra (p. ej., Argentina, Brasil y Paraguay), cuya actividad agropecuaria es de tipo empresarial, altamente tecnificada, con mayores escalas y con un fuerte enfoque en los saldos exportables.

La pesca y acuicultura son sectores de enorme interés en algunos de los países de la región, aportando más del 10 % de la producción pesquera mundial. El sector da ocupación a casi 2,4 millones de personas solo en América Latina y el Caribe. De los 25 países que lideran el *ranking* mundial de capturas, 6 de ellos pertenecen a Iberoamérica, en este orden de importancia: Perú (5.º productor mundial), Chile (12.º), México (16.º), España (19.º), Argentina (22.º) y Ecuador (23.º).

El Sistema de la Corriente de Humboldt (Pacifico Sudeste) es el ecosistema marino más productivo en términos pesqueros a nivel global y está dominado por una sola especie (*Engraulis ringens* o anchoveta) que contribuye con más del 30 % a las capturas totales de los países RIOCC. Esta especie está destinada principalmente a la producción de harina y aceite de pescado que se utilizan en la formulación de alimentos balanceados para la acuicultura, avicultura y ganadería, entre otros.

Riesgos por desastres de origen climático

Los huracanes y tormentas constituyen unas de las mayores amenazas en Latinoamérica y el Caribe. Entre 1970-2010 ocurrieron 70 desastres naturales de origen climatológico en la región, 31 de ellos en Centroamérica y México, 16 en Sudamérica y 23 en el Caribe. De ese total, 40 fueron causados por tormentas y huracanes, 14 estuvieron asociados con periodos de El Niño, solo 3 con periodos de La Niña y 14 con periodos neutros. Los desastres por tormentas y huracanes causaron el 50,2 % de las muertes asociadas a desastres de origen climático, el 37,3 % de la población afectada, el 41,3 % de los daños y el 38,4 % de las pérdidas totales. Los desastres causados por El Niño y La Niña ocasionaron el 4,1 % de las muertes, el 48,8 % de la población afectada, el 47,8 % de los daños y el 52 % de las pérdidas. En la Península Ibérica también causan cuantiosas pérdidas los temporales del sudoeste y las borrascas del frente polar en invierno, así como tormentas intensas en verano y otoño, en particular en la zona mediterránea.

Se estima que los costos de los daños y las pérdidas ocasionados por los desastres de origen climático en Latinoamérica y el Caribe durante 1972-2010 ascendieron a 106.427 millones de dólares, de los cuales 21.012 corresponden a huracanes y tormentas en el Caribe, 17.640 en Centroamérica y 3.754 en México. Por el fenómeno de El Niño, los daños ascendieron a 42.471 millones de dólares en Sudamérica y a 4.013 en Centroamérica, y por La Niña, a 5.478 millones dólares en Sudamérica. Por precipitaciones extremas (inundaciones y deslizamientos de tierra) los costos de los daños ascendieron a 10.974 millones de dólares.

En las últimas décadas, las inundaciones causaron casi la mitad de los desastres relacionados con el clima en todo el mundo. Su importancia relativa también ha aumentado, ya sea en términos de pérdidas económicas, de pérdidas de reaseguros o en el número de eventos de inundación informados. Sin embargo, la atribución de los cambios observados no es clara, estando entre las posibles causas los aumentos en magnitud o frecuencia de precipitaciones extremas. En las dos últimas décadas se registraron en América Latina y el Caribe 548 eventos de inundación, afectando a un total de 41 millones de personas y con daños estimados en 26.000 millones de dólares. Los países más afectados recientemente han sido Brasil, México, Colombia y Perú, habiéndose observado incrementos en los caudales máximos diarios en la cuenca del río de la Plata y en la Amazonia.

En las últimas décadas, México, la Amazonia y Nordeste de Brasil, centro y sur de Chile, la Patagonia y la Península Ibérica experimentaron una mayor frecuencia de sequías. Por el contrario, la frecuencia disminuyó en el norte de Argentina y en Uruguay. Las sequías meteorológicas fueron más severas en partes de la Patagonia y el sur de Chile, Nordeste de Brasil, Nicaragua, Honduras, sur de México, Baja California y la Península Ibérica. Por el contrario, en el Sudeste de Brasil se experimentaron sequías menos severas. En el periodo 2005 a 2015, la sequía produjo en Latinoamérica y el Caribe daños en cultivos y ganado por valor 13.000 millones de dólares.

La cordillera de los Andes y otros sistemas montañosos de Latinoamérica y el Caribe son especialmente susceptibles a que se presenten procesos de inestabilidad o deslizamiento de laderas por sus características geodinámicas y climáticas. El riesgo no solo se debe al exceso de lluvias, sino también a procesos de deterioro ambiental, deforestación, degradación de cuencas y al aumento de múltiples procesos de vulnerabilidad física y social de los asentamientos humanos, que también son impulsores del riesgo. En las últimas décadas, los riesgos por inestabilidad de laderas representaron al menos un 12,6 % de todos los desastres con más de 10 muertos.

La gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático son procesos de carácter integral, interinstitucional, multisectorial e interdisciplinar. En general dan lugar a políticas públicas que tienen los mismos objetivos. No es muy apropiado hablar de adaptación frente a la inestabilidad de laderas o los deslizamientos refiriéndose al problema en forma genérica, sin aludir a la gestión del riesgo de desastres. Promover la gestión del riesgo es equivalente a promover la adaptación, aunque el riesgo derivado de la inestabilidad de laderas no necesariamente se asocie al cambio climático en todos los casos.

Los incendios forestales están presentes en buena parte de los ecosistemas terrestres de la región y sus impactos pueden ser positivos o negativos, dependiendo del tipo y régimen de incendios y del contexto en el que ocurren. El fuego es una herramienta para la gestión del paisaje, y muchas comunidades indígenas y rurales dependen de él para su supervivencia. Ciertos ecosistemas precisan del fuego para su estabilidad (p. ej., sabanas, encinares o pinares de ciertas áreas de los países RIOCC).

En aquellos lugares donde el fuego no forma parte natural de las perturbaciones del ecosistema, o donde la actividad humana produce cambios en su régimen natural convirtiendo los incendios en más frecuentes, extensos o severos, el fuego representa una perturbación que puede producir graves impactos sobre los ecosistemas, alterando su composición y estructura, las funciones y servicios que prestan o su capacidad como sumidero de gases de efecto invernadero, además de afectar a bienes, valores y vidas humanas.

La incidencia actual de incendios en Iberoamérica va de alta a muy alta. Cada año se queman más de 40 millones de hectáreas, lo cual representa el 7-14 % del área quemada mundial. En su mayoría, las causas de ignición son humanas, aunque los rayos son factores importantes de su origen en algunas zonas. En términos de superficie quemada cada año, los países más afectados son Brasil y Bolivia (4 % de sus respectivos territorios), seguidos por Portugal (1,6 %). La estimación del número de incendios activos a través de registros satelitales en las últimas décadas revela que Guatemala, Paraguay y Honduras han pasado a liderar el número de incendios por unidad de superficie en la región.

Otras áreas y sectores clave

La región RIOCC está altamente urbanizada, y la perspectiva es que lo sea cada vez más. En 2050, alrededor de un 90 % de la población será urbana en países como México, Costa Rica, Argentina, España y Brasil. A pesar de ello, el peso de la población rural seguirá siendo considerable en algunos países, particularmente en Centroamérica y el Caribe. Destaca también el alto grado de población que habita en grandes conurbaciones de más de 5 millones de habitantes, de manera que, salvo en América Central y el Caribe, en el resto de países latinoamericanos de la región RIOCC alrededor del 20 % de la población vive en ellas.

Muchas de las grandes ciudades han experimentado un crecimiento desordenado en las últimas décadas; este se ha caracterizado por autoconstrucción, viviendas de poca calidad, servicios deficientes, inseguridad, alto grado de pobreza y medios de subsistencia marginales. Existen unos 124 millones de pobres urbanos (entre pobreza no extrema y extrema). El mundo rural, por su parte, se caracteriza también por su deficiencia en servicios, agricultura poco tecnificada en ciertos países (Centroamérica) o partes de países (Brasil) y alta pobreza, y se calcula que hay unos 58 millones de pobres rurales, contexto en el que la población indígena presenta la pobreza más aguda.

La costa de los países RIOCC cuenta con más de 70.000 km de longitud. Es una zona en la que se asientan algunos de los hábitats más valiosos y únicos del planeta y también en la que se localiza un desarrollo intensivo, una parte importante de la actividad económica de muchos de los países a la vez que altos niveles de pobreza.

Teniendo en cuenta los datos de población del año 2000, se estima que entre 29 y 32 millones de personas viven en los primeros 10 m de elevación de la costa de América Latina y el Caribe, y más de 6 millones, en la llanura de inundación de 100 años de periodo de retorno, sin tener en cuenta los huracanes. En Colombia, Venezuela, Costa Rica, El Salvador y Panamá, más del 30 % de la población total vive en estos primeros 10 m de elevación de la costa.

Las tendencias demográficas y las proyecciones del aumento del nivel medio del mar indican que, a mitad de siglo y en ausencia de adaptación, serán 10 millones los habitantes que se localicen en la llanura costera inundable.

La industria del turismo de los países RIOCC es una de las más importantes desde el punto de vista económico. En 2019, la contribución promedio de este sector al PIB fue del 11,7 % en los países de Iberoamérica, entre los que destacan Portugal (22,9 %), Uruguay (18,5 %) y España (16,2 %). El turismo de naturaleza, sol y playa, cultural, deportivo o ecológico tienen una representación creciente en la región.

Existen notables diferencias en la fortaleza de los sistemas sanitarios y en el nivel pobreza entre los países RIOCC. Por una parte, hay países con sistemas sanitarios mejor desarrollados y con bajo nivel de pobreza (España, Portugal, Uruguay, Chile), y por otra, están aquellos en los que el sistema sanitario es débil y la pobreza elevada (buena parte de los países de América Central). Hasta una tercera parte de la población latinoamericana tiene limitaciones para acceder a los servicios de salud. El acceso es más deficitario en zonas rurales y remotas que, además, tienen menos acceso a agua potable y viviendas inseguras.

D) Componentes del riesgo e impactos del cambio climático

Sociedad, gobernanza e inequidad

Las amenazas del cambio climático a través de cambios tanto en la temperatura como en la precipitación, en particular sobre sus valores extremos, así como por el ascenso del nivel del mar, se traducen en impactos negativos sobre los medios de subsistencia, inseguridad alimentaria y malnutrición, particularmente en los niños, y aumentos de migración y de morbilidad y mortalidad.

Los impactos son generalmente más agudos en las poblaciones sociopolíticamente marginadas, como pueden ser las mujeres, los pueblos indígenas y aquellos que viven en condiciones de pobreza. Esto se debe a que estos colectivos, con frecuencia, no tienen satisfechas muchas de sus necesidades básicas, presentan pobreza energética, carecen de poder para participar en la toma de decisiones, están aislados física y socialmente, sufren discriminación y desplazamientos forzados, y tienen un acceso limitado a la educación, a los recursos naturales y al capital financiero. Las mujeres, además, están expuestas a violencia de género.

Los pueblos originarios son vulnerables también por la denegación de sus derechos y por su relación material y espiritual con el medio ambiente. Es necesario que esta diferenciación sea incluida en las evaluaciones de vulnerabilidad de los países RIOCC debido a que se constata que aún no ha sido considerada suficientemente o ha ocupado un lugar secundario en estas evaluaciones.

Sistemas naturales

Los cambios de uso del suelo son dominantes en la región. Durante la primera década de este siglo, la deforestación de bosques húmedos, secos, sabanas y matorrales afectó a más de 0,54 millones de km^2, que fueron convertidos en cultivos o pastos. Es la región del mundo con mayor tasa de deforestación. En paralelo, se produjo también abandono en las zonas secas o demasiado inclinadas para la agricultura, afectando a 0,36 millones de km^2.

Los efectos combinados del cambio climático y la pérdida de hábitats representan una gran amenaza para los ecosis-

temas terrestres y acuáticos continentales de los países RIOCC. Los cambios de clima previstos anticipan una disminución de la productividad a corto plazo y degradación en el largo plazo. El inadecuado manejo y la fragmentación disminuyen las funciones ecosistémicas, al tiempo que los hacen más vulnerables al cambio climático.

Los ecosistemas de alta montaña (p.ej., páramo, puna) son críticos para la regulación hídrica de amplias zonas y tienen una alta capacidad de absorber carbono. Su persistencia está amenazada por la sobrexplotación y el cambio climático. Los bosques tropicales, notablemente la Amazonia, se encuentran amenazados por la sequía, particularmente en escenarios más emisivos, así como por incendios que antes no ocurrían. Los bosques templados se ven amenazados por la pérdida de nicho climático, así como por el fuego. Los ecosistemas áridos se enfrentan a un mayor riesgo de aridificación (p.ej., la Caatinga, Brasil) y de presión ganadera, lo que los hace aún más vulnerables.

Los ecosistemas acuáticos se enfrentan a cambios en el régimen de caudales, lo que modificará su estacionalidad. Ello es debido a la pérdida de masa de hielo glaciar (Andes, Patagonia). Se prevé una disminución del sedimento de los ríos amazónicos tropicales, así como de la productividad aguas abajo en las zonas inundables. En las zonas templadas, sequías extremas como respuesta al cambio climático o por eventos de El Niño más frecuentes pueden ocasionar cambios importantes en las comunidades acuáticas. El aumento de la temperatura de las aguas llevará también a alteraciones de la calidad de las mismas (p.ej., menor capacidad de disolución de oxígeno).

La temperatura de los océanos está aumentando, al igual que el nivel del mar, mientras que la aguas se están acidificando. Como consecuencia, la distribución de algunas especies, su comportamiento y reproducción están cambiando. Los patrones de las corrientes oceánicas también se están viendo alterados. Los resultados de estas transformaciones impactan sobre los ecosistemas marino-costeros, reduciendo significativamente su resiliencia y comprometiendo su capacidad de proveer bienes y servicios. Esto incluye la reducción de los beneficios económicos por la migración de las especies de captura, la disminución de empleos, la pérdida del conocimiento tradicional de las poblaciones costeras y una menor cohesión social de sus comunidades, lo que en última instancia provocará una mayor desigualdad en la región.

Los ecosistemas marino-costeros de los países RIOCC ya están siendo impactados por la actividad humana de forma directa e indirecta y por los efectos del cambio climático. El cultivo de mariscos, la construcción de represas, la minería de sal a gran escala y las descargas de efluentes contaminados al mar, la deforestación y la conversión de tierras para la agricultura, entre otros tensores, acentúan los impactos asociados al cambio climático en los ambientes marino-costeros de la región.

Los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas marinos y costeros de los países RIOCC se manifiestan en un contexto de vulnerabilidad preexistente. La vulnerabilidad se deriva de las actividades humanas que se desarrollan en torno a los ecosistemas marino-costeros (turismo, expansión urbana no planificada, contaminación de fuentes terrestres y auge de la acuicultura). Estas representan una amenaza para las poblaciones de peces, corales y manglares. Ya se han observado algunos de esos impactos en la región, tales como el blanqueamiento de los corales en el Caribe como consecuencia del aumento de la temperatura y la pérdida de cobertura de manglares.

Se prevé que la temperatura del mar siga aumentando, al igual que las olas marinas de calor, la acidificación de las aguas, el nivel del mar y las zonas de hipoxia. Ello causará desplazamientos de las especies marinas hacia latitudes más septentrionales, con extinción local de especies en los trópicos y mares cerrados, y blanqueamiento de corales, que unido al ascenso del nivel del mar los pondrá en situación de alto riesgo. La productividad neta del mar se redistribuirá con una tendencia a disminuir cuanto mayores sean las emisiones de gases de efecto invernadero. Todo ello conllevará una reducción de los servicios que el mar presta en forma de capturas de pesca.

A pesar de la considerable variación subregional, los ecosistemas (tales como los de altura, costeros, de agua dulce, urbanos, amazónicos) y grupos taxonómicos y funcionales (corales, vertebrados, plantas) vulnerables al cambio climático se encuentran presentes a lo largo de la región. Los ecosistemas con áreas de distribución geográfica restringidas y con alto endemismo se encuentran entre los más vulnerables. Las áreas críticas (*hotspots*) de biodiversidad (esto es, áreas de gran diversidad de especies que muestran alta pérdida de hábitat y altos niveles de endemismo de especies), ocho en total en la región, se encuentran dentro de los lugares más vulnerables del mundo. La cuenca mediterránea, las islas del Caribe, el Cerrado de Brasil y los Andes tropicales están entre las áreas críticas más vulnerables en el mundo.

El cambio climático impacta directamente la biodiversidad al causar cambios de distribución o al desencadenar procesos de extinción. Entre los grupos taxonómicos, los anfibios y los reptiles ya están en declive y se enfrentan a una mayor extinción en diferentes escenarios para el 2100. Entre las plantas, los árboles altos son particularmente vulnerables, así como las especies a gran altitud. En un escenario de emisiones altas, más del 25 % de las especies de América Latina se enfrentan al riesgo de extinción para el 2100. Los riesgos son altos también para especies de la Península Ibérica y las islas del Atlántico (Canarias, Azores, Madeira).

Sistemas gestionados

Con respecto a los recursos hídricos, se han observado reducciones de los caudales de algunos ríos de la Península Ibérica, Colombia, México y Centroamérica, así como en los ríos que nacen en los Andes y descienden al centro y sur

de Chile y Argentina. Estos cambios están generados principalmente por una reducción de las precipitaciones y se ven acentuados por cambios en la criósfera (glaciares y nieve), generando alteraciones en la estacionalidad de los caudales, reduciendo flujos en la estación seca y aumentándolos en la estación húmeda.

Se espera con alto nivel de consistencia entre modelos una reducción de la disponibilidad de recursos hídricos en algunas zonas de la región, como México, Centroamérica y el Caribe, el Nordeste de Brasil, la región Andino-Pacífico Central, la Patagonia y la Península Ibérica. El aumento de temperatura acelera el derretimiento de nieves y glaciares, alterando la temporalidad y cantidad de caudales. Eventos extremos y cambios en la calidad de aguas son también una amenaza. Por otro lado, se esperan aumentos de precipitaciones en los países tropicales del Pacífico (Perú, Ecuador, Colombia), así como en la cuenca del río de la Plata.

En el sector agropecuario, las principales amenazas climáticas están asociadas con el incremento del estrés térmico e hídrico sobre cultivos y ganado, con pérdidas de cultivos y hacienda por los procesos erosivos, con sequías e inundaciones y con una mayor diseminación de plagas y enfermedades. No obstante, en algunas regiones también surgen nuevas oportunidades por el incremento de precipitaciones (sudeste de América del Sur) o por la posibilidad de explotar nuevas variedades (megatérmicas o tropicales) en zonas donde hasta ahora su cultivo no era habitual.

El nivel de exposición a las amenazas climáticas es muy variable en función del nivel socioeconómico de la población afectada, la rigidez o flexibilidad relativa con que pueden variar sus sistemas productivos o adoptar tecnología, y la posibilidad de asistencia o disponibilidad de dicha tecnología, entre otros aspectos. Las poblaciones pobres son las más expuestas, situación que a menudo se ve agravada por la no tenencia de la tierra, o por asentarse en laderas de montaña, planicies anegables o zonas áridas. Los países más rurales (p. ej., América Central, Andes centrales) tienen menos opciones que los más tecnificados (p. ej., Argentina, partes de Brasil, España).

Las amenazas potenciales para la pesca y la acuicultura son: (i) cambios en la temperatura del mar a nivel local; (ii) acidificación del océano; (iii) aumento en el nivel del mar; (iv) cambios en la concentración de oxígeno en los sistemas acuáticos; (v) incremento en la intensidad y frecuencia de tormentas; (vi) cambios en los patrones de circulación de corrientes marinas; (vii) cambios en los patrones de lluvia; (viii) cambios en los caudales de los ríos; (ix) cambios en los flujos biogeoquímicos (nitrógeno), y (x) mayor frecuencia de eventos extremos de El Niño y La Niña.

En las aguas ibéricas atlánticas los cambios en la composición y distribución de las especies se están traduciendo en cambios importantes en las pesquerías, que tendrán un efecto en las comunidades de pescadores y en los consumidores. La producción de mejillones se enfrenta a un alto riesgo de pérdida de productividad debido, entre otros motivos, a un incremento de los afloramientos de algas tóxicas y de acidificación del agua marina.

La sobrepesca, la contaminación, la introducción de especies exóticas y el mal uso de los cuerpos acuáticos en la región, en especial en América Latina, son factores de estrés no climáticos que agravan los impactos del cambio climático.

Riesgos por desastres de origen climático

El aumento en la temperatura del aire y del mar está contribuyendo a intensificar los huracanes de mayor categoría y a un incremento en la frecuencia, intensidad y duración de tormentas extremas, con numerosas descargas eléctricas. Por otra parte, el aumento del nivel del mar está contribuyendo, y lo hará cada vez más en el corto y mediano plazo, a destruir las infraestructuras costeras, a reducir la extensión de los manglares en las costas caribeñas, centroamericanas y mexicanas, tanto atlánticas como pacíficas, y a salinizar los acuíferos costeros. La acidificación del océano contribuirá, además, a la destrucción de los arrecifes de coral. Todo ello aumentará la vulnerabilidad socioecológica a los huracanes.

Los impactos de los huracanes son múltiples, entre ellos, pérdidas de vidas humanas, aumento de refugiados, destrucción de infraestructuras, pérdidas de servicios esenciales (luz, agua, comunicaciones), contaminación de aguas, aumento de enfermedades (p. ej., infecciones gastrointestinales), y pérdida de cosechas y de animales domésticos.

Los costos totales de los impactos del cambio climático ante un aumento de 2,5 °C en América Latina y el Caribe podrían ascender a entre 1,5 % y 4,3 % del PIB, mientras que los costos de la adaptación no superarían el 0,5 % del PIB regional. Por otro lado, en la Península Ibérica se prevé un incremento de las tormentas en la costa oeste y episodios de «gota fría», así como vientos más húmedos y un Mediterráneo más caliente, conducentes a lluvias torrenciales sobre la costa del Mediterráneo e Islas Baleares y a los denominados «medicanes». Esto señala la necesidad de implementar planes de adaptación, que deberán ser coordinados con las prioridades del Marco de Sendai sobre la Reducción del Riesgos de Desastres 2015-2030 y con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Con respecto a las sequías e inundaciones, los escenarios climáticos futuros disponibles indican que continuarán los cambios en las diferentes componentes del ciclo del agua que afectarán de forma dispar a los países RIOCC. Se proyectan aumentos en los caudales máximos de los ríos en Colombia, Venezuela, Ecuador, la región costera del norte del Perú, la cuenca del Plata, Centroamérica y la Península Ibérica (excepto la costa mediterránea) e incrementos de ocurrencia de sequías en la Amazonia, el Nordeste de Brasil, la región mediterránea, América Central y México.

Los países con mayor población expuesta a inundaciones recientemente han sido Guatemala, El Salvador, Honduras,

y Colombia. Los países con mayor cantidad de población expuesta a sequías han sido Guatemala, Chile, Ecuador, México y Nicaragua.

El crecimiento de la población, la urbanización acelerada de asentamientos humanos informales, la falta de infraestructura bien planificada y de calidad, los altos índices de desigualdad social y pobreza, las economías dependientes de la agricultura y las prácticas ambientales inadecuadas son factores socioeconómicos que fomentan la vulnerabilidad y dan lugar a que los eventos de déficit y excesos hídricos tengan un impacto aún mayor.

Con respecto a los deslizamientos, el aumento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del calentamiento global es un factor que amplifica la amenaza por inestabilidad de laderas y, por lo tanto, el riesgo para los elementos expuestos. Ahora bien, el incremento de la amenaza se debe también al deterioro ambiental y la acción humana, por lo que se considera que esta amenaza es de tipo socio-natural. Por otra parte, el aumento del riesgo se debe también al aumento de la vulnerabilidad, que es el resultado de procesos sociales y de la ocupación inapropiada del territorio; es decir, que este tipo de riesgo no se debe solamente a la variabilidad del clima y al cambio climático.

Con respecto a los incendios forestales, en las últimas décadas se ha observado una disminución de la actividad de incendios a nivel global, así como en algunos países (p. ej., España), a pesar del aumento del peligro meteorológico y, en algunas zonas, de la cubierta vegetal. No obstante, en diversas regiones naturales, rurales o de interfaz rural-urbana de los países RIOCC, los incendios forestales han aumentado en número, duración, extensión y severidad, y la temporada de incendios se está alargando.

Los ecosistemas vulnerables al fuego, como son los bosques húmedos tropicales, subtropicales, altoandinos y andino-patagónicos y las plantaciones forestales tropicales y mediterráneas han aumentado su exposición a los incendios en Iberoamérica. También han aumentado su exposición los ecosistemas propensos al fuego, como son las sabanas tropicales y los bosques de pinos y encinos de América, o los pinares y matorrales mediterráneos de España y Portugal. El abandono de las zonas rurales y de las prácticas tradicionales del fuego por comunidades indígenas o rurales, la exclusión del fuego, las plantaciones e introducción de especies invasoras altamente inflamables o sequías intensas y prolongadas están conduciendo a incendios particularmente devastadores (megaincendios) (p. ej., Chile y Portugal, 2017; Amazonia 2010, 2015, 2016, 2019).

Los componentes de la sociedad en mayor riesgo por los incendios son los sectores más pobres, así como las comunidades indígenas y rurales de Latinoamérica, la población de las interfaces rural-urbana y los bomberos forestales de toda la región. Los niños, ancianos y mujeres embarazadas resultan los más vulnerables por la contaminación atmosférica debida a la emisión de gases y partículas producto de la combustión de la biomasa por el fuego, aun en sectores urbanos y rurales distantes de los focos de incendios.

A nivel global se prevé que el cambio climático siga aumentando el peligro meteorológico de incendios, tanto más cuanto mayor sea el nivel de emisiones. Las áreas de mayor peligro dentro de la región serán la Península Ibérica, México, la Amazonia y Chile central. Se proyecta, asimismo, que la temporada de incendios se alargue y que el número de días de peligro extremo aumente. La efectividad de este aumento será mayor en las zonas productivas en las que los incendios hayan estado limitados por la climatología poco favorable para su propagación.

Otras áreas y sectores clave

El grado de afectación de los impactos del cambio climático varía entre asentamientos rurales y urbanos, así como entre ciudades con diferentes patrones de urbanización. Más aún, la vulnerabilidad y los potenciales riesgos asociados al cambio climático no solo obedecen a la tipología e intensidad de las amenazas, sino también a las características sociales, económicas, políticas y culturales de cada caso. De ahí que no exista una solución única, sino retos comunes.

Las características biofísicas de cada región y localidad determinan en buena medida las amenazas sobre las poblaciones, su escala temporal de formación (rápida o lenta) y potenciales impactos (p. ej., construcciones en laderas inestables o en zonas inundables). De otro lado, las dinámicas poblacionales, los usos del suelo y las características del espacio construido que derivan de condiciones socioeconómicas, políticas, institucionales, tecnológicas y culturales en curso agravan de manera desigual las vulnerabilidades.

Los asentamientos humanos que experimentarán una mayor vulnerabilidad son los de rápido crecimiento, poco planificados y, sobre todo, los que albergan mayor informalidad o los que se localizan en zonas propensas a riesgos en un contexto de carencias de infraestructura, servicios o acción adaptativa apropiada. En el corto plazo, las inundaciones, los deslizamientos, la erosión costera y las olas de calor son las principales amenazas a escala local. En el largo plazo, el aumento del nivel del mar, la falta de agua y la potencial propagación de vectores infecciosos se suman a las anteriores.

Los riesgos derivados del cambio climático sobre los sistemas costeros en los países RIOCC vienen determinados por el aumento de tres factores de origen climático: el nivel medio del mar, la temperatura del océano (temperatura superficial) y la acidificación. Las observaciones existentes de estos factores muestran una gran variabilidad geográfica en la región. Sus proyecciones futuras indican aumentos consistentes para trayectorias representativas de concentración de gases de efecto invernadero más altas y horizontes temporales más alejados.

La inundación y la erosión inducidas por eventos extremos de oleaje y marea meteorológica son los impactos de origen climá-

tico dominantes sobre los sistemas socioeconómicos ubicados en la costa. Estos impactos se ven exacerbados por la acción antrópica. Debido al aumento del nivel medio del mar, estos eventos extremos serán cada vez más frecuentes, por lo que los impactos asociados seguirán incrementándose en el futuro.

El aumento del nivel del mar, cambios en los regímenes de precipitación y alteraciones del clima marítimo son responsables de las modificaciones en los balances hidrosedimentarios y de nutrientes que incrementan la salinización de los acuíferos costeros y afectan a la morfología de la costa. Como consecuencia de estos procesos se prevén una disminución en la disponibilidad de agua dulce y el cambio o la pérdida de ecosistemas costeros.

El aumento de la temperatura superficial del mar, las modificaciones en los regímenes hidrosedimentarios, las variaciones de la calidad de agua y la acidificación son procesos que modifican los tipos, extensiones y salud de los ecosistemas costeros. Mientras que en muchas zonas los impactos dominantes se producirán por el aumento de la temperatura, la acción conjunta de estos factores es el principal inductor de riesgo sobre los arrecifes de coral, la vegetación dunar, los manglares y las praderas de pastos marinos. La mortalidad de algunos ecosistemas costeros aumentará también por el incremento de eventos extremos.

Entre las principales amenazas del cambio climático que pueden afectar al sector turístico se encuentran el aumento de temperatura, del nivel medio del mar o de eventos meteorológicos o climáticos extremos, como olas de calor, lluvias intensas o falta de lluvia en forma de nieve o agua (sequía). Estos cambios pueden manifestarse en alteraciones del hábitat y cambios en las especies, así como en las enfermedades. Cada una de estas amenazas y cambios puede afectar de manera diferenciada a los distintos tipos de turismo.

Los cambios que ocurran en la climatología del destino de los flujos turísticos son importantes, pero también los que se den en el origen, haciendo que el resultado final dependa de la interacción de ambos. Por ejemplo, una mejora en las condiciones climáticas durante el verano en los sitios de origen puede poner en valor sus propios recursos frente a los del destino. Así, el turismo de sol y playa puede usar los recursos locales y disminuir los flujos hacia el destino tradicional, que puede verse aquejado de un empeoramiento en la climatología. Consecuentemente, para entender los impactos del cambio climático en el turismo se necesita conocer cómo ocurrirán conjuntamente en los orígenes y destinos.

Algunos de los grandes destinos turísticos de Iberoamérica se encuentran en zonas altamente expuestas. Esto ocurre en el Caribe y la costa pacífica, afectada por huracanes que suponen enormes pérdidas para el sector, sobre todo cuando alcanzan intensidades altas, como se anticipa que ocurra con el cambio climático. El aumento del nivel medio del mar afecta a la estabilidad de las playas y amenaza a los bienes y ecosistemas costeros, minando el propio recurso turístico. Algunos destinos de nieve se ven amenazados por la falta de recurso, debido a una disminución en las precipitaciones. El exceso de calor del verano puede reducir el confort climático, disminuyendo las actividades al aire libre.

La vulnerabilidad varía según el tipo de turismo. Mientras que el turismo de sol y playa y ciudad se asienta sobre un sector hotelero bien desarrollado, el turismo ambiental en sentido amplio se asienta más sobre sistemas comunitarios, con empleos más informales y una población de menos recursos, cuya vida depende en gran parte de esta fuente de ingresos. Por otra parte, el cambio climático amenaza al sector de forma particular, pues puede afectar de forma directa al recurso, por ejemplo, a través de la pérdida de una especie emblemática que emigre a otro lugar. Esto hace que este tipo de turismo y la población que depende de él sean particularmente vulnerables.

Las amenazas más importantes del cambio climático sobre la salud humana son el aumento de temperatura, las olas de calor, la falta de agua en cantidad (sequía) y calidad, las inundaciones y la contaminación atmosférica. Algunas de estas amenazas ejercen sus efectos de manera directa (calor extremo) y otras, de forma indirecta, por ejemplo, a través de cambios de distribución en vectores de enfermedades, contaminación de aguas o inseguridad alimentaria.

Desde el punto de vista de la salud, son vulnerables al cambio climático las poblaciones en condiciones de pobreza y con carencias en infraestructura (vivienda, saneamiento y sistema sanitario deficientes), la población indígena (que por su pobreza y marginación a menudo tiene un acceso muy limitado a los principales servicios de salud), en el caso de las olas de calor, los ancianos, los niños y las personas con enfermedades cardiovasculares preexistentes. Las zonas urbanas pueden amplificar los impactos de las olas de calor por efecto de isla térmica urbana.

E) Principales riesgos del cambio climático

A continuación, se presenta una lista de los principales riesgos identificados para cada sector o sistema analizado. La **Figura 5** muestra una selección de algunos de estos riesgos, los factores climáticos que lo determinan, su importancia, urgencia y áreas más afectadas (para más detalles ver la tabla de riesgos de cada uno de los capítulos).

Sociedad, gobernanza e inequidad

Los principales riesgos en el ámbito de la sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación son: 1) riesgo de inseguridad alimentaria y malnutrición de la población, especialmente de niñas y mujeres, por un clima adverso; 2) riesgo de pérdida de los medios de subsistencia y otras pérdidas económicas por eventos meteorológicos extremos, como inundaciones, y 3) riesgo de migración de zonas rurales a urbanas por pérdida de medios de subsistencia.

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Pérdida de vidas humanas y aumento de refugiados climáticos			
Daños económicos, destrucción de viviendas e infraestructuras y pérdida de vidas por deslizamientos de laderas			
Inundaciones en asentamientos urbanos con un deficiente planeamiento			
Incremento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores			
Estrés térmico de cultivos y ganado			
Disminución de las capturas pesqueras por cambios en la productividad marina			
Malnutrición de la población, especialmente de niñas y mujeres			
Pérdida de producción primaria de los ecosistemas terrestres			
Cambios en la biodiversidad por desplazamiento de especies			

Figura 5. Selección y caracterización de algunos de los riesgos identificados para los distintos sistemas y sectores analizados. *(Continúa en la página siguiente).*

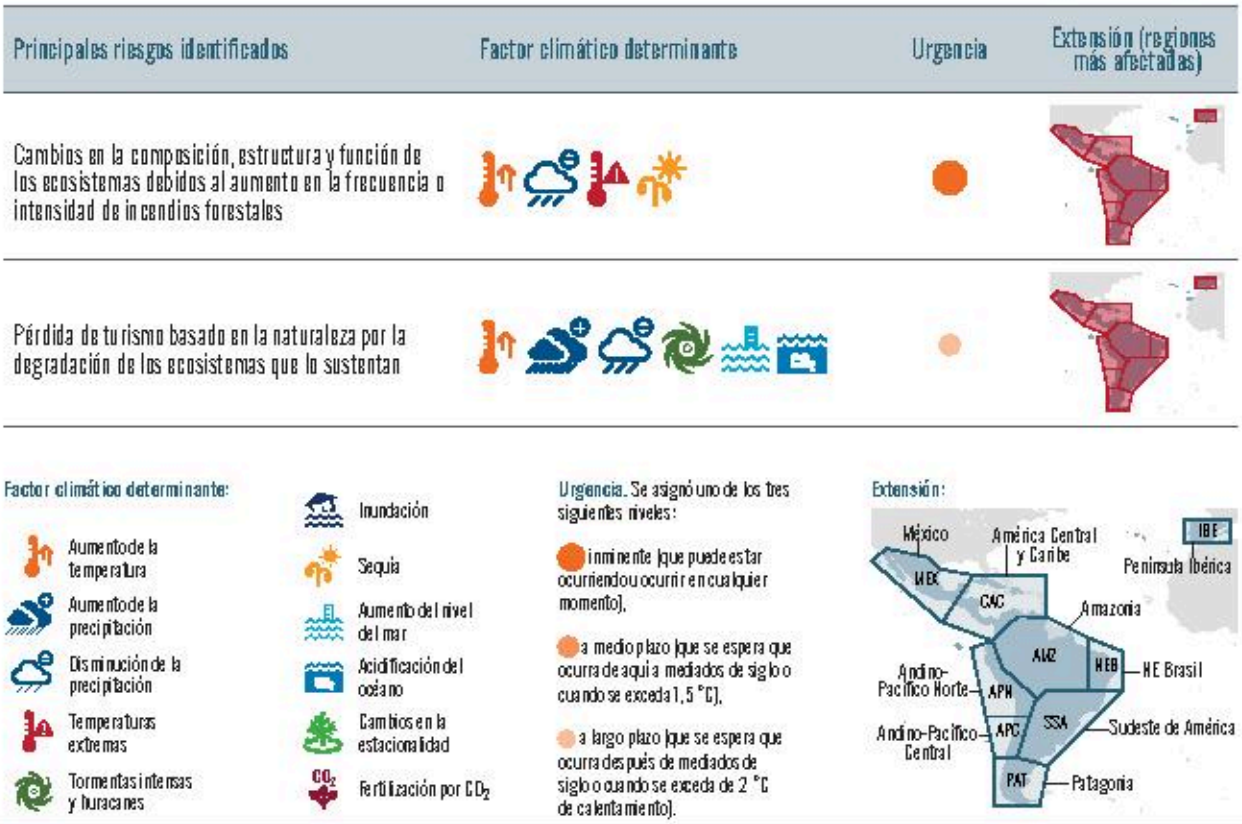


Figura 5. Selección y caracterización de algunos de los riesgos identificados para los distintos sistemas y sectores analizados.
Fuente: elaboración propia. *(Continuación)*.

Sistemas naturales

Entre los principales riesgos de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales se encuentran: **1)** riesgo de pérdida de productividad primaria en sistemas naturales y gestionados por incremento en la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos o climáticos extremos, así como por pérdida de las condiciones de nicho climático de las especies; 2) riesgo de pérdidas de hábitat en los ecosistemas y de desplazamiento de sus bordes entre sistemas adyacentes, y 3) riesgo de inestabilidad por pérdida de especies y cambios en los regímenes de perturbación, en particular por el fuego.

Entre los principales riesgos de los ecosistemas marinos-costeros se encuentran: **1)** riesgo de pérdida de biodiversidad local por emigración de especies que pierden su nicho ecológico; 2) riesgo de pérdida de ecosistemas críticos, como arrecifes coralinos, praderas marinas o bosques de macroalgas como consecuencia del aumento de la temperatura, la acidificación y el nivel del mar, y 3) riesgo de pérdida de productividad primaria debido fundamentalmente al aumento de la temperatura.

Los principales riesgos para la biodiversidad y los ecosistemas en los países iberoamericanos incluyen: **1)** riesgo de cambios en los biomas y desplazamientos de especies; 2) riesgo de extinción de especies, y 3) riesgo de alteraciones en las tasas de los procesos ecológicos. Dichos riesgos están presentes a lo largo de toda la región, ya sea en ecosistemas terrestres, acuáticos continentales o marinos, e imponen los consecuentes riesgos directos e indirectos a los medios de vida y bienestar humanos.

Los principales riesgos asociados para los recursos hídricos son: **1)** riesgo de reducción de recursos hídricos en las áreas subtropicales de América del Norte y Sur, Península Ibérica y Nordeste de Brasil; 2) riesgo de cambios en la estacionalidad, particularmente en los ríos dependientes del hielo de las altas montañas, y 3) riesgo de disminución de la calidad del agua debido a eventos extremos de lluvia.

Sistemas gestionados

Los principales riesgos del sector agropecuario son: **1)** riesgo de pérdidas de rendimiento de los cultivos y el ganado por estrés térmico causado por un aumento de las temperaturas medias y mínimas diarias (menor enfriamiento nocturno) y olas de calor; 2) riesgo de pérdidas de rendimiento en los cultivos y ganado por estrés hídrico en cultivos y sed en el

ganado debido a la disminución de las lluvias o a los aumentos de días continuados sin las mismas, a lo cual se suma la competencia con otros usos del agua, lo que puede generar restricciones en la disponibilidad de agua para el riego y los animales; 3) riesgo de pérdidas de cosechas por la mayor incidencia de plagas y enfermedades a consecuencia de la tropicalización del clima, y 4) riesgo de desplazamiento de cosechas y sustitución por otras debido a la pérdida de condiciones climáticas.

Los principales riesgos del sector pesquero son: 1) riesgo de cambio en la composición de especies en los caladeros marinos como consecuencia del cambio de temperatura y consecuente afectación al tipo de capturas; 2) riesgo de pérdida de potencial pesquero como consecuencia de la disminución de la productividad debida a cambios fisiológicos en las especies; 3) riesgo de aumento de zonas hipóxicas debido a la estratificación térmica y eutrofización; 4) riesgo de blanqueamiento de corales y falta de calcificación en otras especies como consecuencia de la acidificación del océano, y 5) riesgo de incremento de mortalidades masivas de plantas y animales por eventos extremos de temperatura.

Riesgos por desastres de origen climático

Los principales riesgos relacionados con los huracanes y tormentas incluyen: 1) riesgo de pérdida de vidas humanas causadas por el viento, las marejadas y sus efectos, así como por las inundaciones; 2) riesgo de pérdidas de infraestructuras, bienes, enseres, cosechas, ganado y servicios fundamentales para la vida; 3) riesgo de morbilidad y mortalidad por aumento de enfermedades como consecuencia de inundaciones y contaminación de aguas, y 4) riesgo de malestar social.

Los principales riesgos por inundaciones y sequías son: 1) riesgo de pérdidas de vidas humanas por inundaciones; 2) riesgo de pérdidas de infraestructuras, bienes y servicios por inundaciones; 3) riesgo de pérdida de cosechas y ganadería por sequías, y 4) riesgo de inseguridad alimentaria como consecuencia de sequías.

Los principales riesgos relacionados con la inestabilidad o deslizamientos de laderas son: 1) riesgo de pérdidas de vidas y daños económicos por destrucción de vivienda y de otras edificaciones expuestas, principalmente en asentamientos humanos precarios y marginales de ciudades grandes e intermedias ubicados en laderas; 2) riesgo de pérdidas de vidas humanas y daños económicos y destrucción de infraestructura y redes expuestas de servicios públicos de agua y alcantarillado en asentamientos humanos de diferentes escalas en ciudades y pequeñas poblaciones de zonas montañosas; 3) riesgo de daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de transporte, carreteras, vías férreas, viaductos, poliductos y torres de energía en zonas de montaña; 4) riesgo de deterioro de cuencas hidrográficas debido a la erosión y procesos geodinámicos no controlados en zonas rurales, pérdida del suelo, afectación de ecosistemas, cultivos y otros medios de sustento, y 5) riesgo de pérdidas de vidas y daños económicos y destrucción de vivienda y de otras edificaciones expuestas en pequeños centros urbanos y asentamientos humanos en áreas rurales en zonas de montaña.

Los principales riesgos que se derivan del aumento de la frecuencia o intensidad de los incendios forestales son: 1) riesgo de inestabilidad de los ecosistemas, incluyendo la aparición de puntos críticos (que conducen a la no recuperación del ecosistema); 2) riesgo de pérdida de biodiversidad, de funciones y servicios ambientales (p. ej., disminución de la capacidad de almacenar carbono por la vegetación y el suelo); 3) riesgo de pérdidas de productos forestales en bosques y plantaciones; 4) riesgo de pérdida de medios de vida de poblaciones nativas en zonas tradicionalmente gestionadas con fuego; 5) riesgo de morbilidad y mortalidad de personas que habitan las zonas expuestas a incendios, incluso las que viven a cierta distancia, como consecuencia de la exposición al humo, y 6) riesgo de pérdida de bienes y activos en la interfaz rural-urbana.

Otras áreas y sectores clave

Los principales riesgos relacionados con los asentamientos rurales y urbanos son: 1) riesgo de inundaciones urbanas debido a precipitaciones extremas combinadas con sistemas de drenaje deficientes y planeamiento inadecuado; 2) riesgo de estrés hídrico urbano debido a infraestructura deficiente e incremento de la demanda; 3) riesgo de morbilidad y mortalidad como consecuencia de olas de calor favorecidas por el efecto isla térmica de las ciudades, y 4) riesgo de erosión e invasión costera en urbes con planeamiento deficiente y alta demanda urbana, como es el caso de algunas zonas de turismo de playa.

Los principales riesgos del cambio climático en el ámbito de las zonas costeras son: 1) riesgo de inundación costera con las consiguientes pérdidas de vidas y bienes debido al aumento del nivel del mar, la meteorología adversa en cuanto a tormentas y ciclones y la urbanización creciente de la zona costera; 2) riesgo de pérdida de operatividad de las infraestructuras debido al continuo aumento del nivel del mar y el incremento de los eventos extremos; 3) riesgo de erosión costera causada por el incremento del nivel del mar unida a cambios locales en los regímenes de viento y de las corrientes, y 4) riesgo de pérdida de servicios ecosistémicos por la pérdida de sistemas de manglar, coralinos o dunares, fundamentales para reducir el impacto de las tormentas y ciclones.

Los principales riesgos en el ámbito del turismo son: 1) riesgo de cambio en la temporalidad en destinos de montaña, campo, lagos, ciudad y ambientes al aire libre debido al aumento de la temperatura y disminución de los índices de confort climático en las estaciones habituales; 2) riesgo de pérdida del recurso turístico y flujos hacia el destino debido al deterioro de los recursos (erosión de playas, pérdida de ecosistemas naturales, migración o extinción de especies

emblemáticas para el turismo basado en naturaleza, falta de nieve); 3) riesgo de pérdida de flujos hacia el destino por incremento en los eventos extremos (huracanes, olas de calor, sequías, inundaciones); 4) riesgo de pérdidas de flujos por deterioro de las condiciones higiénicas y sanitarias debido a falta de recursos hídricos o aparición de enfermedades, y 5) riesgo de pérdida de flujos turísticos por cambios favorables en las condiciones climáticas en el origen de los flujos turísticos.

Los principales riesgos en el ámbito de la salud son: 1) riesgo de morbilidad y mortalidad en personas vulnerables, como niños, la creciente población de ancianos, individuos con enfermedades preexistentes, poblaciones de bajos ingresos y trabajadores al aire libre, particularmente en zonas urbanas como consecuencia de olas de calor; 2) riesgo de morbilidad y mortalidad por enfermedades transmitidas por vectores debido al desplazamiento de la distribución de poblaciones de mosquito y cambios en la climatología resultante, afectando a la tasa de picaduras y supervivencia, acortando o alargando el tiempo de desarrollo de los agentes patógenos de malaria, dengue, zika, chikunguña, leishmaniasis y Chagas, entre otras; 3) riesgo de morbilidad y mortalidad por la contaminación atmosférica causada por los productos de la combustión y sus transformados (zonas urbanas), incluyendo el humo procedente de los incendios forestales (ambientes urbanos o rurales); 4) riesgo de morbilidad y mortalidad por aumento de enfermedades infecciosas (cólera, fiebre tifoidea, shigelosis, hepatitis, diarreas, giardiasis, Salmonella, Campylobacter, etc.) debido a agua o alimentos contaminados.

F) Opciones y actuaciones de adaptación

Sociedad, gobernanza e inequidad

La respuesta al cambio climático, en particular ante riesgos severos, más que adaptativa tiene que ser transformacional. Esto es debido a que existen límites en la adaptación. Por adaptación transformacional se entiende toda aquella basada en cambios profundos en las estructuras sociales. La adaptación incremental y la transformacional no compiten, sino que se complementan, ya que cada una es necesaria según la magnitud de los impactos.

La adaptación autónoma emerge principalmente a nivel local, y muchas veces es el resultado de la necesidad de responder a las adversidades ante una institucionalidad estatal débil o inexistente. En contextos de inseguridad, las poblaciones se ven forzadas a actuar para disminuir los impactos del cambio climático. Algunas de las prácticas llevadas a cabo son diversificación de los medios de subsistencia; mayor eficiencia en el uso del agua; sustitución de cultivos, uso de semillas resistentes a la sequía; apoyo a madres cabeza de familia, entre otras. El cambio en los roles sociales también puede generar conflictos, por lo que es preciso continuar reforzando la gobernanza.

Sistemas naturales

La adaptación basada en ecosistemas (AbE) ha demostrado ser una estrategia efectiva para enfrentar los impactos del cambio climático en los ecosistemas terrestres. La AbE combina el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para la conservación, restauración y el manejo sostenible de los ecosistemas. Asimismo, facilita un abordaje integral con acciones a escala territorial clave (nivel de cuenca) para disminuir los efectos adversos del cambio climático en los ecosistemas terrestres de la región.

Las áreas naturales protegidas son fundamentales para asegurar la persistencia de los ecosistemas al cambio climático. Las medidas de adaptación para los ecosistemas terrestres deben incluir acciones para reducir otros estreses no climáticos, aumentando así su resiliencia, así como el mantenimiento de la conectividad entre áreas disyuntas. Los planes nacionales de adaptación de varios países RIOCC comprenden medidas y programas de adaptación que contemplan la conservación y restauración de ecosistemas tanto terrestres como acuáticos, incluyendo medidas de AbE.

La implementación efectiva de estrategias de adaptación para contrarrestar los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas requiere una comprensión clara de cómo influirá el cambio climático en el funcionamiento y la distribución futura de los ecosistemas. La pérdida de conectividad entre los fragmentos de los ecosistemas nativos, la introducción de especies invasoras y la fuerte variabilidad climática amenazan las funciones de los ecosistemas, así como su biodiversidad. La espiral de degradación ambiental actual agota progresivamente los servicios de los ecosistemas y reduce su capacidad para adaptarse al cambio climático.

Varios países iberoamericanos cuentan con ejemplos de estrategias de adaptación al cambio climático que incluyen herramientas y medidas de gestión para la recuperación de ecosistemas acuáticos, tales como ríos y humedales, y de gestión para la recuperación de bosques. Hay casos de programas exitosos de conservación de cuencas que incluyen acciones sobre la vegetación nativa, el manejo agroecológico de cultivos, ríos y humedales, y mecanismos de participación comunitaria local. También hay ejemplos de reforestación en microcuencas y algunas acciones del programa Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación de los Bosques (REDD/REDD+) que, aunque son dirigidas a la mitigación, conllevan mecanismos de adaptación.

El manejo sostenible e integrado de los ambientes costeros constituye uno de los pilares de la adaptación basada en ecosistemas que permite potenciar sus funciones y los servicios ecosistémicos. La adaptación basada en ecosistemas es una práctica común en zonas marinas y costeras y es importante para el manejo de manglares, praderas marinas,

arrecifes de coral y playas arenosas. Estos ecosistemas tienen la capacidad natural de regular o mitigar los impactos derivados, por ejemplo, de tormentas e inundaciones o por efecto del aumento del nivel del mar. La gestión sostenible de los ambientes costeros (por ejemplo, pesca y acuicultura) contribuye con la adaptación basada en ecosistemas a mantener las funciones y los servicios ecosistémicos.

Las áreas marinas protegidas son uno de los principales mecanismos para la adaptación de los ecosistemas marinos y costeros. En regiones protegidas para la conservación, se ha logrado la recuperación de especies, poblaciones y funciones ecosistémicas mediante el uso regulado de organismos marinos y costeros. Los países RIOCC tienen una proporción significativa de ecosistemas marino-costeros bajo algún tipo de protección legal, aunque en algunos casos la protección no se concreta en la praxis. En todo caso, esta es una buena práctica para aumentar la adaptación en estos ecosistemas.

Entre las opciones de adaptación en los ecosistemas marino-costeros están la restauración de ecosistemas clave y el restablecimiento de especies y poblaciones en pro de aumentar su resiliencia siguiendo una adaptación basada en ecosistemas. En varios países RIOCC existen proyectos focalizados en restaurar ecosistemas alterados de manera que contribuyan a la adaptación y mitigación del cambio climático. También hay proyectos de pesquerías y acuicultura sostenibles que podrían conllevar la recuperación de servicios ecosistémicos.

Las opciones de adaptación para la biodiversidad incluyen: 1) soluciones basadas en la naturaleza porque el uso de elementos naturales para fomentar la sostenibilidad en las zonas urbanas y rurales puede contribuir a la adaptación al cambio climático; 2) adaptación basada en ecosistemas, pues las iniciativas locales en la región, tanto urbanas como rurales, son iniciativas de adaptación basadas en ecosistemas que muestran el valor de la adaptación al cambio climático, y 3) reducción del riesgo de desastres basada en ecosistemas, ya que los ecosistemas (restauración de manglares, laderas, vegetación costera, vegetación ribereña, etc.) se están utilizando en toda la región para reducir el riesgo de desastres ocasionado por el cambio climático.

Existe un rango de opciones de políticas, innovaciones y herramientas a lo largo de la región para abarcar los riesgos a la biodiversidad y las vulnerabilidades al cambio climático, así como también para promover el uso de la biodiversidad y de los ecosistemas para potenciar la adaptación social. Esto incluye: 1) desarrollar o implementar instrumentos en relación con el seguimiento de la diversidad biológica para contribuir a las estrategias de adaptación y también para definir las prioridades de las políticas de adaptación basadas en los ecosistemas; 2) redes de colaboración (redes científicas y de políticas) para abordar soluciones basadas en la naturaleza para combatir el cambio climático, y 3) la planificación de la adaptación basada en la biodiversidad y ecosistemas en los planes de adaptación nacionales y subnacionales.

Sistemas gestionados

La principal herramienta de adaptación sobre los recursos hídricos en la mayoría de los países RIOCC consiste en el diseño de planes de adaptación a escalas nacionales, regionales y locales que incluyen escenarios climáticos futuros y medidas adaptativas para hacer frente a los posibles impactos. Estos planes abarcan tanto la mejora en la provisión del recurso como en la gestión del mismo para hacerla más eficiente y fomentar una cultura del uso sostenible del agua.

Las acciones de adaptación al cambio climático en el sector agrario comprenden medidas preventivas de la erosión del suelo; agricultura climáticamente inteligente, que persigue amentar los rendimientos al tiempo que disminuyen los insumos y las emisiones de gases de efecto invernadero; sistemas de alerta temprana climática; cambio de zonas de siembra en respuesta a cambios en las lluvias; cambio de variedades y traslado de cultivos; siembra directa o de labranza cero para la mejor conservación del suelo, y mejora de variedades de pastos y razas de ganado.

Las actuaciones de adaptación planificada para el sector pesca y acuicultura, especialmente en América Latina y el Caribe, son escasas y mayormente se registran acciones de adaptación autónoma. En los países RIOCC existe un amplio portafolio de políticas públicas sobre cambio climático tanto en adaptación como en mitigación. Sin embargo, pese a los esfuerzos de los gobiernos, su implantación práctica en el sector pesquero es incipiente.

La capacidad de adaptación en el sector pesquero se ve limitada por algunos factores de estrés de origen antropogénico relacionados con la globalización de las pesquerías y, en el caso de los países en desarrollo de la RIOCC, con la carencia de infraestructuras públicas, el alto índice de enfermedades, la contaminación, la pobreza, la débil gobernanza y la sobrepesca. Por ello, las estrategias de adaptación al clima deben enfatizar la necesidad de erradicación de la pobreza e inseguridad alimentaria en las comunidades pesqueras.

Las principales opciones de adaptación en el sector pesquero y la acuicultura son: cultivo de especies con mayor tolerancia térmica, salina y a la hipoxia; formulación de nuevos alimentos para especies carnívoras que no utilicen peces de bajo valor; cultivo de especies herbívoras; planes de manejo adaptativo y con enfoque ecosistémico; monitoreo espacial y evaluación del estado de los recursos y la biodiversidad marinos; reducción del descarte y la pesca incidental; análisis de riesgos en los planes de gestión; adaptación de la infraestructura portuaria; establecimiento de sistemas de seguros ante eventos climáticos extremos; fomento del consumo de especies de peces de bajo valor comercial; uso de artes y aparejos de pesca amigables; protección de hábitats críticos o esenciales, como manglares y estuarios; mejora de los sistemas de gobernanza (cogestión), y diversificación de medios de vida de las poblaciones dependientes de la pesca.

Riesgos por desastres de origen climático

La capacidad adaptativa en la región frente a tormentas y huracanes es mayoritariamente baja. Esto es debido a la carencia de sistemas robustos de alerta temprana, al aumento de la población en zonas con urbanización desordenada en áreas costeras y de montaña, y a la deforestación. Otros factores son: la marginalidad y la pobreza; la debilidad y descoordinación institucional; una precaria gestión del riesgo; la incultura preventiva y la mala preparación en tareas de rescate; el atraso científico y tecnológico en tareas de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico, y la falta de capacidades humanas y tecnológicas y de una cultura de aseguramiento contra los riesgos.

Los planes de adaptación en la región RIOCC exhiben grados muy disímiles de desarrollo e implementación. Algunos muestran progresos en cuanto a su formulación (aunque no necesariamente en su implementación), y muchos otros exhiben grandes carencias y retrasos considerables.

Las medidas de adaptación a los huracanes y tormentas comprenden acciones de diversos tipos, esto es, basadas en los ecosistemas (adaptación verde), infraestructura (adaptación dura) o legalidad e información/formación (adaptación blanda). Las principales medidas incluyen: 1) preservar y restaurar ecosistemas costeros (humedales, dunas, manglares y arrecifes de coral) para disminuir el impacto de las marejadas ciclónicas; 2) reacondicionar playas y mejorar la infraestructura de protección costera; 3) elevar las defensas de construcciones y edificios vulnerables para reducir los daños por inundaciones; 4) diseñar estructuras resistentes a los vientos fuertes y a escombros voladores; 5) promulgar políticas que desalienten el desarrollo en las zonas vulnerables; 6) prepararse antes de la llegada de una tormenta, cubriendo ventanas y limpiando las propiedades de posibles escombros voladores, y 7) contar con un plan de evacuación.

Las mejoras en la gestión del riesgo, tanto preventivas como reactivas, con un apoyo decisivo a la monitorización y pronóstico son fundamentales. Estas medidas pasan por implementar sistemas de alerta temprana y de gestión del riesgo. Estas deben incluir: 1) zonificar las áreas expuestas y su grado de susceptibilidad y vulnerabilidad; 2) desarrollar programas, canales y estrategias de comunicación (anterior y posterior a los eventos) a través de medios masivos de comunicación, redes sociales, redes comunitarias de telefonía celular y de radioaficionados; 3) apropiar socialmente los planes de evacuación y de atención a refugiados climáticos; 4) actualizar las actividades de gestión del riesgo local y regional y mantener simulacros de evacuación; 5) establecer programas permanentes de monitoreo hidrológico y atmosférico; 6) desplegar redes de radares meteorológicos para el monitoreo continuo de tormentas y huracanes, y 7) mantener un programa de pronóstico hidrometeorológico de crecidas de ríos, zonas de inundación y deslizamientos.

La adaptación es altamente costo-efectiva y deberá enfrentar los retos tanto de la variabilidad climática como del cambio climático. Por ello, los países RIOCC deben acelerar la investigación científica relevante, asignar los presupuestos adecuados y llevar a cabo los arreglos institucionales necesarios para implementar las tareas de adaptación.

La mejora de la capacitación y de la prevención por la vía de detener la deforestación y la valoración de sus servicios son otras medidas adaptativas importantes. En concreto, estas medidas incluyen: 1) financiar la formación y capacitación científica a nivel de posgrado en oceanografía, ciencias de la atmósfera, meteorología, climatología e hidrología; 2) detener la deforestación, desarrollar programas de reforestación y de restauración ecológica incluyendo bosques y otros biomas, manglares y arrecifes de coral, y 3) incrementar el acceso a pago por servicios ambientales como un instrumento económico para detener la deforestación y la degradación ambiental.

Si bien las incertidumbres acerca de los cambios a futuro en la ocurrencia de sequías e inundaciones son grandes, los procesos de adaptación deben desarrollarse basados en el mejor conocimiento científico disponible. Consecuentemente, es preciso disponer de herramientas de anticipación de los eventos de inundación y sequía a medio y largo plazo.

Existe una variedad de medidas de adaptación al cambio climático de diversas escalas en lo que se refiere a sequías e inundaciones que ya han comenzado a implementarse en Iberoamérica. Estas incluyen la mejora de la calidad de los pronósticos, de los sistemas de alerta temprana y de los servicios de información climática, planes para la reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia de la población expuesta y el desarrollo de infraestructura estratégica, así como de sistemas productivos y de conservación y uso sostenible de los ecosistemas y sus servicios ambientales.

La efectividad de la gestión del riesgo por inestabilidad de laderas, o de la adaptación frente a este riesgo en el contexto de cambio climático, tiene mucho que ver con el uso de información correcta y de la aplicación idónea de modelos que permitan un diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones. El uso de información que no da lugar a acciones claras de intervención conduce a maladaptación. La evaluación apropiada de la amenaza y el riesgo contribuye a la adecuada planificación del ordenamiento territorial, la reubicación de asentamientos humanos expuestos, el mejoramiento de barrios, el diseño y construcción de obras de estabilidad y control de la erosión, y a la implementación de medidas tanto estructurales como no estructurales de prevención, de seguros colectivos y de sistemas de alerta frente a los deslizamientos, entre otras mejoras.

La intervención de la amenaza, la reducción de la vulnerabilidad y el incremento de la resiliencia son al mismo tiempo objetivos de la gestión del riesgo por inestabilidad de laderas y de la adaptación planificada. No obstante, también hay ejemplos de adaptación autónoma asociada a la manera como algunas comunidades han puesto en marcha medidas para evitar la inestabilidad de laderas y

sistemas de alerta comunitarios efectivos, en los cuales se ha involucrado apropiadamente a la población. En el caso de la inestabilidad de laderas o deslizamientos, las acciones para la gestión del riesgo y la adaptación son esencialmente locales.

En diferentes lugares de los Andes y otros sitios de montaña de la región, las comunidades han desarrollado técnicas de estabilidad y de terraceos con piedra y madera, e incluso con bambú, que en algunos casos han sido acertadas, pero también perecederas, con posteriores inconvenientes cuando pierden su capacidad. Sistemas de radio para la comunicación entre sitios de observación y poblaciones expuestas han permitido implementar mecanismos de alerta sencillos con sirenas e incluso altavoces, que se activan por contactos eléctricos o rupturas de alambres que juegan el papel de sensores. Sistemas de gestión del riesgo con una visión integral, y no solo asociados con la preparación y respuesta de emergencias, sino también con el ordenamiento territorial, la planificación urbana y la transferencia del riesgo, han demostrado ser efectivos en lograr la adaptación en el caso de la inestabilidad de laderas y deslizamientos.

Existen numerosas iniciativas supranacionales tanto en Latinoamérica y el Caribe como en la Unión Europea para la cooperación entre distintos países RIOCC o con terceros en la gestión del riesgo de incendios forestales. A nivel europeo destaca el European Forest Fire Information System de la Comisión Europea, que almacena estadísticas y provee regularmente de alertas de peligro. En Latinoamérica y el Caribe destacan la Red Latinoamericana de Teledetección e Incendios Forestales, en la que participan nueve países RIOCC; la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA), en la que participan todos los países desde México a Colombia, ambos incluidos, y cuyo objetivo es desarrollar capacidades técnicas y políticas públicas en manejo del fuego; o la Estrategia de Cooperación Internacional para el Manejo del Fuego (proyecto TCP/RLA/3010/ FAO, 2005), que estableció las redes subregionales de Centroamérica, de América del Sur y del Caribe para asistencia mutua con el objetivo de fortalecer las capacidades de los países en la prevención, control y lucha contra incendios forestales.

A nivel nacional, una minoría de países tienen establecidos planes de lucha contra el fuego, con infraestructura básica de captación de datos estadísticos, alertas de peligro de incendio e infraestructura humana y física bien desarrolladas para la lucha contra el fuego. Además, han desarrollado sus planes de lucha contra el cambio climático en los que incluyen de manera específica los incendios forestales. En este sentido destacan España, Portugal, Brasil, Chile y México. Otros países, como Ecuador, Colombia y Paraguay, tienen avanzados estos planes de lucha contra el fuego y de cambio climático, en parte debido a respuestas ante eventos catastróficos. Por último, los planes e infraestructuras del resto de países están menos desarrollados. En todo caso, la implantación de planes de adaptación, más allá del desarrollo legal, es incipiente.

A pesar de las costosas inversiones en recursos humanos y alto despliegue técnico, las políticas de lucha y supresión del fuego prevalecientes en la región no han sido suficientemente efectivas. Aunque la exclusión y supresión puede disminuir la superficie quemada, como en el caso de España, en condiciones climáticas extremas estas políticas resultan ineficientes, especialmente en países con limitados recursos, como es el caso de la mayor parte de los países de Latinoamérica con amplios territorios que gestionar. Ante una meteorología más severa como consecuencia del cambio climático, se precisa una revisión de los planes actuales y un cambio en el paradigma del fuego. Por otro lado, los esfuerzos históricos de cooperación internacional hacia Latinoamérica, basados principalmente en la transferencia tecnológica y de capacitación de bomberos forestales, no están necesariamente adaptados a las condiciones socioambientales locales, e incluso pueden poner en riesgo las formas de vida de las comunidades locales.

Algunos países como Brasil han desarrollado a nivel local planes de manejo integral del fuego que incluyen utilización de quemas prescritas al final de la estación de lluvia o al inicio de la estación seca, autorización de quemas comunitarias, incorporación de conocimiento tradicional indígena y conformación de brigadas indígenas para el manejo del fuego, entre otras actividades. Estos planes suponen una disminución efectiva de la peligrosidad de los paisajes gestionados con fuego, evitando la probabilidad de incendios de grandes proporciones. Venezuela y Bolivia también han realizado importantes avances en este sentido.

Otras áreas y sectores clave

En lo que concierne a los asentamientos humanos, muchos gobiernos locales todavía no implementan medidas de adaptación desde sus respectivas Administraciones, restringiéndose en el mejor de los casos a posturas reactivas ante eventuales desastres. En otros casos, las medidas son aún insuficientes comparadas con la dimensión de los impactos esperados. Por otro lado, en muchas ocasiones, no hay un adecuado seguimiento de las acciones realizadas.

Las medidas más urgentes en el ámbito de los asentamientos urbanos y rurales se relacionan con la implementación de sistemas de alerta temprana, planes de contingencia, redes de refugios, atención y relocalización de población vulnerable; vigilancia epidemiológica; inclusión de la adaptación en el ordenamiento territorial y diseño urbano; la inclusión de género y de grupos prioritarios en las acciones adaptativas, y mejora y expansión de la red de drenaje pluvial y de otra infraestructura hidráulica, incluyendo la cosecha de agua o agua regenerada.

Las acciones de adaptación a escala urbana son limitadas y la planeación e implementación de estas se encuentran aún en curso o en proyecto, sobre todo en asentamientos de dimensión media o pequeña, donde las capacidades y el financiamiento son limitados. Las medidas de adaptación son mayormente blandas, aunque se suman algunas verdes

y duras. En su gran mayoría son de carácter planificado, aunque ello puede deberse al limitado seguimiento de las medidas autónomas a escala local. Si bien la adaptación planificada a escala local ha avanzado, aún hay diversos temas pendientes y retos. Esto incluye la falta de un conocimiento robusto acerca de las experiencias de adaptación no planificadas en ciudades y pueblos de la región RIOCC y, por tanto, sobre las mejores rutas para la interacción y coordinación de estas con las medidas de adaptación planificada.

Existen planes e iniciativas en pro de la adaptación en zonas marino-costeras en todos los países RIOCC, pero con escalas, alcances y niveles de implementación diversos. En general, la adaptación al cambio climático en las zonas costeras se ha incorporado en planes o estrategias de adaptación nacionales o locales, o la componente de adaptación forma parte de planes de gestión costera o de gestión de riesgos. Solo España tiene una estrategia de adaptación específica.

Las opciones de adaptación predominantes para las zonas costeras en la actualidad en la región son programadas. Entre ellas hay actuaciones sociales, conducentes a la evaluación de riesgos y vulnerabilidades; institucionales, tendentes a mejorar su capacidad institucional y la gobernanza; informativas, conducentes a la creación y gestión del conocimiento. También se han implementado medidas físicas, basadas en soluciones de ingeniería (grises) que se han implementado en zonas de alta exposición y vulnerabilidad, y basadas en ecosistemas (verdes).

Aunque la mayoría de los países de Iberoamérica tienen estrategias o planes de cambio climático, en general, y salvo unos pocos países, el sector turístico carece de planes específicos. Las medidas adaptativas previstas para este sector se encuentran en fase de implementación o definición en otros programas sectoriales en los que se encuadra el turismo.

Algunas medidas implantadas en el sector turístico con valor adaptativo comprenden: potenciación de segmentos turísticos alternativos al turismo tradicional (p. ej., gastronómico, deportivo, cultural, de ocio, rural); desarrollo de otras opciones económicas para la población (agricultura, pesca); implantación de planes de prevención y emergencias, con sistemas de alerta temprana, cartografía de zonas de riesgo y vulnerables, calendarios para práctica de actividades recreativas externas seguras; planes de restauración ecológica, conservación del suelo, forestación y reforestación; gestión comunitaria de los recursos naturales; infraestructura verde en hoteles y playas (árboles de sombra, jardines urbanos), y creación de foros para la toma de decisiones.

Las opciones de adaptación en el sector turístico deben ser diseñadas de tal modo que promuevan el desarrollo humano y el alivio de la pobreza en los destinos, con el fin de lograr comunidades más resilientes, y se incrementen la gestión del riesgo de desastres y la gestión sostenible de los recursos naturales, incluyendo la conservación de los ecosistemas y sus especies. La planificación del uso del suelo y la adopción de opciones tecnológicas para la construcción de infraestructura, incluyendo el uso de medidas basadas en los ecosistemas, también se deben considerar como procesos centrales.

Las ecoetiquetas y certificados medioambientales son especialmente importantes para los destinos basados en la naturaleza, tales como Ecolabel o Biosphere Destination de turismo responsable, y se están incorporando como herramientas eficaces en la toma de decisiones para la protección del medioambiente y la lucha contra el cambio climático.

En el ámbito de la salud, las medidas de adaptación a olas de calor deben ser dirigidas para proteger a individuos vulnerables a través de sistemas de alerta temprana que propicien la información a nivel poblacional y se hagan conscientes de las medidas de protección a nivel individual y familiar, además de disponer de unos servicios de salud que se encuentren preparados para identificar y atender a personas que requieran los servicios de emergencia.

Entre las medidas de adaptación a transmisión de enfermedades se encuentran la comunicación de riesgos para evitar la presencia de mosquitos a nivel doméstico, así como protegerse de sus picaduras. Asimismo se debe mantener una vigilancia entomológica para detectar las dinámicas vectoriales. En casos de brotes epidémicos habrá necesidad de rociar plaguicidas.

La comunicación de riesgos relacionados con la contaminación atmosférica es una herramienta para proteger la salud de la población vulnerable, como personas con problemas respiratorios crónicos y quienes sufren de alergias.

La forma de enfrentar la inseguridad alimentaria es la adopción de prácticas mejoradas de manejo agrícola. La biodiversidad agrícola, como una estrategia de producción, podría apoyar la adaptación a presiones ambientales, como salinización, sequías e inundaciones, lo mismo que la implementación de programas y políticas para la promoción de agricultura y pesca sostenibles.

En el ámbito de la salud, los sistemas de alerta temprana son una parte esencial de la adaptación al cambio climático en la atención de las poblaciones expuestas a eventos extremos hidrometeorológicos. Por lo tanto, se deben fortalecer los esfuerzos para proteger a las poblaciones vulnerables en cuanto al manejo de los sistemas de información integrada y la comunicación de riesgos que hagan llegar advertencias oportunas y que promuevan la acción; contar con personal capacitado y equipado, e infraestructura para manejo de los evacuados, así como la atención a medio y largo plazo de los desplazados.

G) Ejemplos de experiencias útiles para la adaptación

Los capítulos del presente informe contienen una serie de casos de estudio con los que se muestra la capacidad de poner en marcha diversas actuaciones de valor adaptativo, desde el nivel local al nacional, y de distinto tipo (planifica-

Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Creación del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN), Brasil	Brasil			Nacional		Nacional
Gestión integral del riesgo en Manizales, Colombia	Colombia			Municipal/ local		Municipal/local
Riesgo a cambio de riesgo en La Pintada, Guerrero, México	México			Municipal/ local		Municipal/local
Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) de México	México			Nacional		Nacional
Adaptación de caficultores de México y Perú a la aparición de roya asociada al cambio del clima: selección de plantas matrices de café tolerantes a la roya	México y Perú			Local		Subnacional
Selección de germoplasma adaptado de banana en el Nordeste de la Argentina	Argentina			Local		Subnacional
Adaptación autónoma a la variabilidad climática de la pesquería de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en el Perú	Perú			Local		Nacional
Evaluación de escenarios de riesgo y gestión forestal después de los incendios de Alvares (Portugal)	Portugal			Local		Nacional, subnacional
Manejo Integral del Fuego en Tierras Indígenas de Brasil: la experiencia del Centro Especializado Prevfogo	Brasil			Subnacional		Supranacional, nacional, subnacional
Transversalización de la perspectiva de género en las políticas de cambio climático en México	México			Nacional		Supranacional, nacional

Figura 6. Selección y caracterización de algunos de los casos de estudio de actuaciones con valor adaptativo de entre los presentados en los capítulos de este informe. *(Continúa en la página siguiente).*

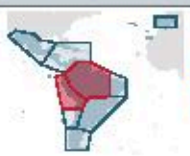
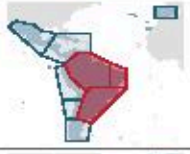
Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Enfermedades transmitidas por vectores. Retos y opciones de adaptación en Bolivia con énfasis en la región del Chaco	Bolivia			Subnacional		Regional
Estrategias desarrolladas en el marco del programa 100 Ciudades Resilientes	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, España, México, Panamá, Portugal, República Dominicana, Uruguay			Municipal/ local		Municipal/local, subnacional, nacional, supranacional
Restauración del río Órbigo como medida de adaptación basada en la naturaleza	España			Subnacional		Subnacional
Identificación de municipios prioritarios para la conservación	Brasil		Múltiples	Nacional		Supranacional, nacional, subnacional
Turismo de naturaleza en las islas Galápagos, Ecuador	Ecuador			Local		Subnacional



Figura 6. Selección y caracterización de algunos de los casos de estudio de actuaciones con valor adaptativo de entre los presentados en los capítulos de este informe. Fuente: elaboración propia. *(Continúación).*

das o autónomas, blandas o duras, etc.). En la **Figura 6** se listan unos ejemplos ilustrativos de la diversidad de casos de estudio seleccionados. A continuación, se resumen las principales experiencias de los distintos sectores y sistemas analizados.

Sociedad, gobernanza e inequidad

Sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación: **1)** índice de utilidad de prácticas de adaptación (IUPA); 2) impactos de las inundaciones y sequías en los medios de vida de los cocama

(Perú), y 3) transversalización de la perspectiva de género en las políticas de cambio climático en México.

Sistemas naturales

Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales: 1) restauración de la llanura de inundación en el río Órbigo (España), y 2) escenarios participativos para la gestión sostenible de bosques en México.

Ecosistemas marino-costeros: 1) aumento de resiliencia en la costa a partir de vegetación nativa en Uruguay, y 2) restauración de manglares con base comunitaria en Baja California, México.

Biodiversidad: 1) reverdecer las ciudades: evaluación de los servicios forestales urbanos en Barcelona; 2) monitoreo de ecosistemas centinelas: monitoreo de humedales andinos en Bolivia; 3) uso del *Agave spp.* en México: resiliencia e incertidumbres; 4) potencial adaptativo del sistema de conservación de la biodiversidad en Cuba; 5) identificación de municipios prioritarios para la adaptación basada en ecosistemas en Brasil; 6) integrando la conservación y el bienestar humano para mitigar y adaptarse al cambio climático: el caso de la Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos en el sur de Chile, y 7) llenar las lagunas de conocimiento: colaboración científica entre países Iberoamericanos.

Sistemas gestionados

Recursos hídricos: 1) combinación de sistemas de apoyo a la decisión y talleres participativos para el diseño de medidas de adaptación en la demarcación hidrográfica del Júcar (España); 2) electricidad para el uso de agua subterránea en México: oportunidades y limitaciones para la respuesta de adaptación al cambio climático; 3) Plan Nacional de Seguridad Hídrica de Panamá; 4) energía fotovoltaica para la extracción de agua para bebederos de camélidos en el municipio de Turco, Bolivia; 5) adaptación a la variabilidad y el cambio climático a través de la captación y almacenamiento de agua de lluvia en la cooperativa Chortitzer en el Chaco Central en Paraguay; 6) cambios en la operación del sistema Cantareira para hacer frente a las crisis hídricas en la Región Metropolitana de São Paulo (Brasil), y 7) desarrollo de infraestructura resiliente a los impactos del cambio climático en la provisión de agua potable en la ciudad de Santiago de Chile.

Sector agropecuario: 1) análisis comparativo de las consecuencias del avance de la frontera agropecuaria en la Argentina y Brasil; 2) selección de germoplasma adaptado de banana en el Nordeste de la Argentina; 3) adaptación de caficultores de México y Perú a la aparición de roya asociada al cambio del clima mediante la selección de plantas matrices de café tolerantes a la roya; 4) cambio en la fecha de siembra para el aprovechamiento de la humedad en el centro de México y 5) control de degradación y desertificación con innovaciones agroforestales en la Amazonia peruana.

Sector pesquero: 1) adaptación autónoma a la variabilidad climática relacionada con el efecto de El Niño de la pesquería de marisco (concha de abanico) en el Perú, con desplazamientos a nuevas zonas y gestión de los bancos mediante la implementación de ranchos marinos o áreas de repoblamiento; 2) adaptación social de las mujeres en el marisqueo en Galicia (España) mediante un control y autogestión de las capturas, así como de los programas de capacitación, y 3) adaptación autónoma por la comunidad de pescadores artesanales de El Ñuro (Piura, Perú) frente a la reducción de capturas de especies de alto valor comercial por efecto de la variabilidad climática y la pesca excesiva. Basándose en su fuerte organización, desarrollaron el turismo para avistamiento de tortugas, lo que ha diversificado la ocupación reduciendo el esfuerzo de pesca y ha conducido a mejorar los ingresos económicos en la comunidad.

Riesgos por desastres de origen climático

Tormentas y huracanes: 1) creación del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático de México; 2) implementación del Fondo Adaptación en Colombia como respuesta a los impactos del fenómeno de La Niña 2010-11; 3) creación del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN) en Brasil como respuesta a los impactos de tormentas intensas en la región de Río de Janeiro y en todo el país, y 4) sistema cubano de protección contra huracanes y ciclones tropicales.

Inundaciones y sequías: 1) desarrollo de planes integrados contra el cambio climático, como el del departamento del Chocó (Colombia); 2) cambios en las reglas operativas de las presas ante condiciones de sequía, como el caso del río São Francisco (Brasil), y 3) adaptación a inundaciones y sequías en una zona rural sometida a variabilidad climática, como el Nordeste de Argentina.

Inestabilidad de laderas: 1) gestión integral del riesgo en Manizales, Colombia; 2) planificación urbana en Vargas, Venezuela; 3) riesgo a cambio de riesgo en La Pintada, Guerrero, México, y 4) catarsis y fortalecimiento institucional en Río de Janeiro, Brasil.

Incendios forestales: 1) evaluación del riesgo futuro y diseños del paisaje que maximicen el aprovechamiento forestal al tiempo que disminuyan la peligrosidad en la zona centro de Portugal afectada por el evento catastrófico de junio de 2017; 2) revisión de la gestión pública del riesgo de incendio como consecuencia de eventos catastróficos a fin de evitar en el futuro eventos de similares características; 3) manejo comunitario del fuego en el bosque seco chiquitano y la Amazonia boliviana, 4) manejo integral del fuego en tierras indígenas de Brasil, y 5) integración de los saberes indígenas y los conocimientos científicos y técnicos en la gestión del Parque Nacional de Canaima en Venezuela.

Otras áreas y sectores clave

Asentamientos urbanos y rurales: 1) desarrollo de estrategias de ciudades resilientes mediante la creación de oficinas

municipales y programas específicos de resiliencia urbana; 2) plan de contingencia a nivel de barrio para hacer frente a las inundaciones en un contexto de desarrollo urbano informal y desordenado; 3) gestión del riesgo de inundación de forma institucionalizada mediante la integración de diversos actores a nivel local y de cuenca; 4) aumento de la seguridad hídrica en zonas urbanas pobres, sin aprovisionamiento hídrico adecuado, mediante la financiación de captadores de agua de lluvia promovida por el Gobierno de una macrourbe, y 5) de la adaptación autónoma a la planificada a nivel local para reducir el riesgo de desastres por deslizamiento de laderas.

Zonas costeras: 1) programa de ciudades emergentes y sostenibles dirigido a realizar planes de sostenibilidad urbana ante la excepcional tasa de urbanización en gran parte en la zona costera; 2) seguro para el Arrecife coralino Mesoamericano a fin de poder hacer frente a los costos que ocasionan los huracanes por la pérdida de beneficios que prestan estos sistemas naturales y 3) estrategia española de adaptación al cambio climático, principal instrumento para hacer frente a los impactos del cambio climático en la costa de España.

Turismo: 1) alternativas al turismo de nieve ante escenarios de reducción de la precipitación, y 2) límites del turismo de la naturaleza: el ejemplo de las islas Galápagos.

Salud: 1) enfermedades transmitidas por vectores y retos para evaluar la vulnerabilidad ante un clima cambiante en la región del Chaco, Bolivia; 2) evaluación del plan de acciones preventivas sobre el exceso de temperatura en la salud del Ministerio de Sanidad de España; 3) aumento de resiliencia ante las inundaciones a través de acciones formativas en Veracruz, México; 4) sistema de aviso de aeroalérgenos en Madrid, España, y 5) gestión del riesgo de inseguridad alimentaria por sequía en el Corredor Seco de América Central.

H) Barreras y oportunidades de la adaptación

Sociedad, gobernanza e inequidad

El conocimiento de los impactos del cambio climático sobre aspectos sociales es deficiente. Es común a los países RIOCC que los estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación estén desequilibrados en favor de aspectos biofísicos, de infraestructura o ecosistémicos frente a los aspectos sociales. Esto representa un reduccionismo de la realidad que debe ser abordado.

El diseño e implantación de las acciones de adaptación necesitan un trato diferenciado en relación con la pobreza, los pueblos originarios y por género. Aunque la adaptación planificada ha ido aumentando en los países RIOCC en los últimos años, especialmente a nivel nacional y sectorial, la inclusión de los grupos vulnerables sigue siendo débil y variable entre los distintos países.

Uno de los principales vacíos reportados en este informe es la carencia de información, por lo que es necesario avanzar en la generación de datos, evaluaciones, estudios, y en la documentación y sistematización de estos, que sean de buena calidad y que estén disponibles oportunamente y se generen de manera periódica. Faltan indicadores e índices para evaluar la efectividad de las acciones de adaptación relacionadas con los aspectos sociales y de gobernanza, lo que impide valorar la eficacia de las políticas y priorizar las acciones futuras.

Un aspecto crucial de la gobernanza es la participación conjunta de todos los actores relacionados en torno al cambio climático, especialmente de los gobiernos locales, organizaciones de la sociedad civil y comunidades locales y la academia. La participación de las comunidades a nivel local es fundamental debido a que tanto la vulnerabilidad como la adaptación son dependientes del contexto y a que son ellas las que están en la primera línea para recibir los impactos y responder a ellos. Hace falta un apoyo más contundente a las comunidades locales, haciendo que los sistemas de gobernanza permitan que estas tengan una mayor incidencia en la toma de decisiones.

Sistemas naturales

Entre los impedimentos para el avance de la adaptación de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales al cambio climático está la falta de compromisos a largo plazo y de recursos financieros estables ante los cambios gubernamentales. Asimismo, el conocimiento actual de ellos o de regiones particulares es heterogéneo. Es necesario más conocimiento científico al respecto y también sobre cómo gestionar dichos ecosistemas para favorecer su adaptación al cambio climático y a los múltiples estreses antrópicos a los que están sometidos.

Los planes nacionales de adaptación han avanzado en la estrategia de adaptación al cambio climático, pero aún no reflejan la vulnerabilidad integrada de los ecosistemas y las poblaciones asociadas a ellos. La coordinación de las Administraciones y el avance en la gestión adaptativa del manejo de los ecosistemas son aún poco significativos. La adaptación al cambio climático requiere del reconocimiento de una manera integral de los servicios ambientales que los ecosistemas proveen, incluyendo la reducción del riesgo de desastres, al conjunto de actividades productivas.

El conocimiento deficitario de los servicios que prestan los ecosistemas marinos es una barrera para la adopción de medidas ambiciosas para su preservación y mantenimiento en un contexto creciente de amenazas por el cambio climático. La competencia entre actores por su uso solo puede resolverse si se conocen adecuadamente los impactos negativos de cada acción a corto y medio plazo.

En todos los países RIOCC se han creado áreas marinas protegidas, en algunos casos de gran tamaño. No obstante, en la mayoría de ellas la gobernanza es extremadamente débil o inexistente. Algunos países han puesto en marcha iniciativas para mejorar la gobernanza de las zonas marino-costeras. Esto es crítico, dados los múltiples intereses que se dan cita en estas áreas.

La falta de monitoreo del sistema marino-costero supone un impedimento también para poder actuar consecuentemente antes de que los impactos alcancen puntos de no retorno. Es preciso desarrollar una tupida red de datos de distintos parámetros, físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos para poder planificar en consecuencia. Existe también una falta de expertos y profesionales con buena formación, cuya presencia debe ser prioritaria.

La falta de capacidad local para diseñar e implementar prácticas y políticas de adaptación basadas en ecosistemas es un obstáculo importante para la adaptación. Además, las políticas siguen diseñándose e implementándose predominantemente de manera sectorial, y la adaptación al cambio climático a menudo requiere políticas que integren componentes sociales, económicos y ecológicos. Por otra parte, la falta de información científica sobre el uso de la diversidad biológica y los ecosistemas para la adaptación al cambio climático o las dificultades en el diálogo entre la ciencia y la política constituyen también frenos para la adaptación.

Las soluciones basadas en la naturaleza, tales como adaptación y mitigación al cambio climático basadas en ecosistemas y la reducción del riesgo de desastres basada en ecosistemas surgen como buenas oportunidades para los países iberoamericanos. El éxito depende del contexto y puede desencadenar transiciones hacia la sostenibilidad, especialmente en países en desarrollo. Así, la conservación y restauración de ecosistemas naturales tienden a promover la sinergia entre la mitigación, la adaptación y el desarrollo sostenible. Lo cierto es que se han reportado contrapartidas, por ejemplo, entre valores de captura de carbono y de biodiversidad, medios de vida locales y seguridad en la tenencia de tierras.

Sistemas gestionados

Existen barreras, oportunidades y desafíos para lograr una adecuada adaptación a los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos. Una barrera importante es la ausencia en muchos casos de información a la escala adecuada para poder diseñar medidas de adaptación. Otra barrera son los incentivos mal orientados respecto del nexo agua, energía y alimentos que pueden generar malas adaptaciones. El uso de herramientas para la toma de decisiones permite evaluar los beneficios y costos asociados a la implementación de medidas de adaptación. La planificación y colaboración a todas las escalas (comunidad, cuenca y país) es clave para definir estrategias exitosas.

Una de las principales barreras a la adaptación en el sector agropecuario lo constituye la elevada proporción de población pobre, con baja formación y capacidad, que no puede responder en tiempo y forma adecuados a los impactos del clima, ni competir con la agricultura empresarial al ocupar tierras poco propicias para el laboreo a mayor escala.

Existen oportunidades en el sector agropecuario debido a que muchas medidas de adaptación presentan claros cobeneficios con la mitigación del cambio climático o con la prevención de la degradación de tierras y la desertificación. Ello sucede a menudo porque las medidas que protegen los suelos suelen incrementar sus almacenes de carbono o disminuir las tasas de erosión.

Otras medidas de adaptación no van en este sentido y generan efectos adversos importantes. Un ejemplo manifiesto son los cambios de uso de la tierra por avances en las zonas de cultivo que generaron pérdidas de biodiversidad y de almacenes de carbono en pastizales o bosques, nuevas plagas y enfermedades o resistencia de estas, y desequilibrios hidrológicos importantes. Si no se presta la debida atención a estos efectos adversos, los impactos negativos pueden exceder a los eventuales beneficios buscados, y en algunos casos hasta aparentemente obtenidos.

Se está produciendo una pérdida de conocimiento nativo en forma de tradiciones transmitidas entre generaciones como consecuencia de la migración e integración en los mercados, lo que hace más vulnerables a las poblaciones frente a ciertos extremos meteorológicos o climáticos. La pérdida de prácticas de diversificación de cultivos que se usaban en algunas zonas, como en los Andes peruanos, para suprimir explosiones de plagas y amortiguar la transmisión de patógenos sería un ejemplo de esta situación.

La pesca y la acuicultura, en la mayoría de los países de la región, no han recibido la misma atención que otros sectores productivos. Esto es así a pesar de que ya se están observando los efectos del cambio climático en la productividad del sector. Las proyecciones realizadas muestran un panorama crítico para algunos países y un alto riesgo para las comunidades que dependen del sector.

Las mayores barreras a la adaptación en la pesca y acuicultura radican en 1) falta de real voluntad política; 2) falta de recursos económicos, humanos y tecnológicos adecuados; 3) escaso presupuesto para la investigación científica relevante que pueda informar las políticas; 4) carencia de información sobre costos y beneficios, y 5) limitaciones institucionales.

Riesgos por desastres de origen climático

La deforestación de las cuencas hidrográficas va en contra de la eficacia de los planes de adaptación ante tormentas y huracanes. Es necesario detener la deforestación de los países RIOCC amenazados por estos fenómenos meteorológicos.

Existe una elevada debilidad de la gobernanza y las instituciones relacionadas con la adaptación a tormentas y huracanes. Fortalecerlas requiere evaluar y llevar a cabo cambios institucionales y profundizar en la democracia participativa que demanda la acción climática.

Entre las oportunidades para la adaptación en el ámbito de las tormentas y huracanes se encuentran el Pacto Verde Europeo, la Estrategia de Adaptación de la Unión Europea, su plataforma Climate-ADAPT y la existencia de planes en todos los países RIOCC. Igualmente, los planes de adaptación en

relación con las tormentas y huracanes tienen cobeneficios, al favorecer el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Existen obstáculos institucionales, normativos, administrativos, económicos y sociales que imponen dilaciones en la implementación de algunas de las medidas de adaptación frente a sequías e inundaciones. En consecuencia, para acelerar el proceso de adaptación, los países deberán mejorar sus capacidades de planificación y respuesta, así como la gestión de catástrofes y seguros.

Otras barreras son el conocimiento limitado de la variabilidad climática y las incertidumbres acerca del clima futuro en lo que concierne a los extremos climáticos que dan pie a inundaciones o sequías. Por otro lado, la concienciación es insuficiente, tanto de los actores políticos como de la población en general, lo que da lugar a falta de normativas y una comunicación frecuentemente escasa sobre las necesidades de adaptación.

Una visión fragmentada de la problemática del riesgo por inestabilidad de laderas (deslizamientos) es inconveniente y contribuye a la falta de efectividad.

El uso de resultados de modelos inapropiados de evaluación de amenaza y riesgo por inestabilidad de laderas (deslizamientos) conduce a maladaptación o no ha inducido a acciones claras de intervención.

Los sistemas nacionales, subnacionales y locales (urbano y comunitario) de gestión integral del riesgo de desastres son, en el caso de la inestabilidad de laderas (deslizamientos), una figura interinstitucional o multisectorial que facilita la adaptación.

La reducción del riesgo de incendios forestales demanda un cambio de paradigma en las políticas nacionales de gestión del fuego. Hasta ahora, la política dominante continúa siendo el combate y supresión del fuego. Sin embargo, reducir el área quemada que resulta de apagar los incendios puede ser negativo para algunos ecosistemas al permitir una acumulación de material combustible que arderá cuando las condiciones meteorológicas sean particularmente adversas. En un contexto de mayor peligro meteorológico debido al cambio climático, una nueva política de manejo del fuego requerirá de una planificación que considere y minimice todos los riesgos humanos, ecológicos y físicos implícitos a los incendios, y no simplemente el área afectada.

Desarrollar una nueva visión y una gestión integral del fuego requiere una coordinación de todos los sectores implicados y afectados por el fuego en lugar de solo combatirlo. También exige la inclusión de múltiples perspectivas, actores y el rescate de conocimientos y prácticas adaptativas de las culturas indígenas y las comunidades que habitan los territorios rurales. Asimismo, implica la articulación de esfuerzos entre todos los niveles del Estado y sectores de la sociedad civil que desemboque en políticas públicas coherentes con una visión integral y adaptativa en la gestión del territorio para construir paisajes más resilientes, así como obtener una población más informada y formada sobre el papel del fuego.

Otras áreas y sectores clave

En los entornos urbanos o rurales, el agravamiento esperado de los impactos del cambio climático requiere avanzar hacia una transición sistémica basada en actuaciones cada vez más rápidas y efectivas, que aprovechen al máximo las sinergias positivas y los cobeneficios existentes. Tal transición dependerá del conocimiento disponible, de la interacción de la ciencia con el proceso de toma de decisiones, y de la práctica concreta de los actores sociales, institucionales y privados.

La informalidad y desigualdad imperante en muchas urbes, la falta de capacidades locales y la débil coordinación entre actores, tanto gubernamentales como no gubernamentales, son aspectos que suelen restringir el avance de la agenda climática, particularmente la de adaptación. A lo dicho se suma una insuficiencia en la producción de datos y modelos robustos y consistentes a escala local, sobre todo para el caso de pequeños asentamientos. Se constata un limitado acceso al financiamiento, crédito e inversión para acciones de adaptación a medio y largo plazo.

Con la finalidad de asegurar rutas más exitosas de transición sistémica a la adaptación en los entornos urbanos y rurales, no solo es deseable revertir las limitaciones antes mencionadas, sino, igualmente, balancear y planificar las sinergias, cobeneficios y potenciales contrapartidas entre la mitigación y la adaptación. Igualmente debe hacerse con otras acciones que emanan de la agenda de desarrollo, en general, y de las agendas internacionales paralelas a la climática, en concreto la de resiliencia ante el riesgo de desastres o de desarrollo sostenible, entre otras.

Las principales barreras para la implementación de procesos de adaptación al clima futuro en las zonas costeras de los países de Latinoamérica se deben a deficiencias en múltiples áreas, como actitud y comportamiento social, conocimiento, educación y capital humano, financiación, gobernanza, instituciones y políticas, junto con una baja capacidad adaptativa y de desarrollo.

De manera específica, destacan las siguientes barreras a la adaptación en las zonas costeras: 1) insuficientes recursos financieros; 2) limitados recursos humanos y carencia de capacitación; 3) ausencia de políticas adecuadas; 4) escasa concienciación de la ciudadanía frente al cambio climático y el riesgo de desastres; 5) pobre coordinación y colaboración entre las instituciones competentes (caos competencial), y 6) dificultad de acceso y falta de disponibilidad de información veraz, completa y accesible.

En muchos países de Iberoamérica es necesario reformular el modelo turístico vigente de tal modo que la operación, generación de infraestructura e inversión sea climáticamente inteligente, es decir, que se tengan en cuenta las capacidades de los destinos y la resiliencia de las comunidades y ecosistemas frente al cambio climático. Asimismo, se recomienda el fomento de políticas que generen incentivos financieros, que incluyen seguros,

bonos de catástrofe, los programas para la adopción de tecnologías limpias para operaciones turísticas y un uso sostenible del recurso hídrico.

La comprensión de los riesgos del sector turístico es muy limitada. La escasa atención prestada al turismo en los estudios de impactos del cambio climático y la poca presencia del sector turístico en los planes de adaptación de buena parte de los países de la RIOCC son un freno para la implantación de medidas adaptativas. A esto se une una escasa percepción del riesgo, además de percibir el cambio climático sobre el sector turístico como un riesgo a medio plazo, con un elevado grado de incertidumbre.

Existe también una escasa integración de la adaptación al cambio climático en la normativa y política sectorial del turismo (planificación de recursos hídricos, ordenación de zonas costeras, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, salud, etc.) y, a su vez, mínima consideración del turismo en las políticas de apoyo, normas y reglamentos en materia específica de cambio climático.

Las oportunidades para el sector turismo pasan por la conservación y mantenimiento de algunos de los recursos turísticos más ligados a la naturaleza y su valor para la mitigación (mantenimiento y conservación de bosques o praderas marinas), la conservación de la biodiversidad (zonas húmedas, numerosas especies marinas o terrestres objeto de ecoturismo) y la reducción del riesgo de desastres (manglares, arrecifes coralinos).

Existe una falta de capacitación técnica y de recursos humanos y financieros en los Ministerios de Salud de cara a la adaptación al cambio climático. Por otro lado, teniendo en cuenta la interacción de este sector con otros sectores, hay una carencia de datos relevantes para implantar medidas de adaptación integrales. Falta también trabajo interdisciplinario e intersectorial en la implementación de medidas de adaptación en el ámbito de la salud.

La adaptación en el sector salud y la mitigación deben interrelacionarse. La reducción de gases de efecto invernadero redunda en la disminución de contaminación atmosférica, lo cual reporta beneficios para la salud. La puesta en valor de estos cobeneficios es una oportunidad para la adopción de políticas locales de reducción de emisiones.

I) Necesidades futuras para avanzar en la adaptación

Sociedad, gobernanza e inequidad

Es preciso integrar el conocimiento científico con el local y el tradicional a fin de permitir una mejor comprensión de la realidad en los distintos contextos que favorezca la mejor gobernanza. La complejidad y altos niveles de incertidumbre asociados al cambio climático dificultan que cualquier actor por sí solo pueda hacer frente a los impactos de este fenómeno.

Hay que favorecer y hacer más transversal la lucha contra el cambio climático en las políticas públicas, así como resaltar los cobeneficios entre las políticas de desarrollo. Esta prioridad podría concretarse, por ejemplo, a través de la asignación sostenida de recursos humanos y económicos.

Sistemas naturales

El seguimiento y evaluación de las medidas de adaptación implementadas en el ámbito de los ecosistemas no está muy desarrollado. Es necesario desarrollar métricas de evaluación de las medidas de adaptación, al igual que de los factores que pueden fortalecer la resiliencia ecológica y social, a fin de diseñar líneas de acción que actúen sinérgicamente. Las líneas de actuación que incluyen mecanismos de apropiación social y participación de los diferentes actores implicados, sobre todo locales, en los programas de adaptación podrían ser menos vulnerables a los cambios de gobernanza, permitiendo así la continuidad de las acciones implementadas.

La gobernanza de los recursos naturales está fuertemente influida por el hecho de que las economías de muchos países RIOCC estén dominadas por las exportaciones de productos basados en los recursos naturales (petróleo, minerales y recursos agrarios). Aunque el cambio climático afecta a toda la población de los países iberoamericanos, las consecuencias son más intensas allá donde la dependencia de la población local de los recursos naturales es más directa y donde la capacidad para desarrollar estrategias de resiliencia es menor. Sin una estrategia adecuada de conservación de los ecosistemas nativos, con medidas que permitan su adaptación al cambio climático, se pone en riesgo el mantenimiento de muchos servicios de los ecosistemas y aumenta la vulnerabilidad socioecológica.

Es necesario desarrollar más investigación básica con el objetivo de conocer el estado actual de los ecosistemas marino-costeros, los servicios ecosistémicos que proporcionan y sus respuestas a los cambios observados y proyectados para el futuro. Este conocimiento básico es fundamental para definir acciones de adaptación locales, nacionales y regionales. La investigación básica y aplicada en los países RIOCC, en especial en América Latina, y particularmente en ambientes marinos y costeros, necesita de más y mejor apoyo institucional, gubernamental e internacional. Se requiere la formación de profesionales en las diferentes áreas de las ciencias básicas, sociales, económicas y jurídicas para generar el conocimiento necesario con el propósito de mantener, proteger, conservar, restaurar y monitorear los ecosistemas marinos y costeros, sus especies y sus funciones ecológicas.

La capacidad para el diseño y la implementación de políticas de adaptación basadas en ecosistemas debe crearse localmente, que es donde a menudo tiene que producirse la adaptación. El diseño e implementación de políticas integradas

o combinaciones de políticas que mezclen los componentes económicos, sociales y ambientales de la adaptación son una necesidad fundamental para fomentar la adaptación de la diversidad biológica en toda la región. Es necesario estudiar conjuntamente las sinergias entre mitigación, adaptación y desarrollo sostenible, ya que a menudo estas tres prácticas se tratan por separado en las políticas.

Sistemas gestionados

Para mejorar la capacidad de adaptación en los recursos hídricos, se requieren una serie de líneas de acción prioritarias que tengan en cuenta las futuras demandas y los cambios que se anticipan en la disponibilidad de los mismos. Se precisa trabajar en mejorar los diseños institucionales que permitan incorporar de manera más simple las medidas de adaptación, particularmente las relacionadas con una mayor eficiencia y menor uso del recurso. Igualmente, hacen falta mejores herramientas para hacer una evaluación de las necesidades de adaptación teniendo en cuenta las perspectivas de cambio climático esperado en diferentes marcos temporales que se ajusten a la inelasticidad del sistema ante cambios imperantes.

En el ámbito del sector agropecuario es necesario fortalecer los sistemas de I+D+i, a fin de generar respuestas efectivas a nivel local o regional del tipo de variedades de cultivos y ganado adaptados al estrés térmico, hídrico y a nuevas plagas. Es preciso promover el uso del conocimiento local y tradicional, así como las reservas de biodiversidad local que tienen muchos países RIOCC.

Se requiere fortalecer los sistemas de alerta temprana locales para agricultores y ganaderos ante fenómenos meteorológicos extremos (olas de calor, sequías, granizo, tormentas severas, heladas tempranas y tardías) y biológicos (irrupción de nuevas plagas y enfermedades), así como facilitar el acceso a internet de la población en áreas rurales distantes de núcleos urbanos.

En áreas de alta vulnerabilidad ante eventos meteorológicos extremos, tales como en las laderas montañosas tropicales proclives a deslizamientos de tierra ante tormentas y huracanes, hay que combinar políticas que eviten o minimicen los deslizamientos bien mediante la construcción de represas, bien evitando la deforestación y la falta de cobertura vegetal por cultivos como el banano. En muchas de estas áreas, se deben brindar opciones a los agricultores para que tengan medios de vida más seguros y redituables. La agricultura climáticamente inteligente puede ser una opción adecuada en muchos de estos casos.

Es necesario que las Administraciones (en sus distintos niveles, nacional, provincial y municipal) establezcan políticas activas que fortalezcan los productos locales, con sellos distintivos del tipo de «lugares no deforestados», «productos bajos en carbono», etc., que permitan una mayor conexión de los pobladores rurales con los mercados internacionales de nicho. El cooperativismo es una opción adecuada para que los pobladores implementen nuevos sistemas de producción que permitan lograr algunos de esos certificados ambientales.

Los esfuerzos de adaptación en el sector de la pesca y la acuicultura deben ser orientados a incrementar la capacidad de adaptación de las comunidades más vulnerables (ya sea por falta de recursos, por género o por otros factores) fortaleciendo la gobernanza, el desarrollo del conocimiento, y reduciendo los niveles de pobreza e inseguridad alimentaria.

La capacitación local sobre los riesgos del cambio climático a través de proyectos piloto de adaptación en pesca y acuicultura debe fortalecerse. Otras estrategias del sector pesquero para la adaptación pueden ser promover el consumo de especies de peces de bajo valor comercial, como la anchoveta y las sardinas, para combatir la inseguridad alimentaria o mantener una reserva de biomasa mínima de peces de forraje y aumentar la extensión de las áreas protegidas para permitir la recuperación de los principales depredadores.

Riesgos por desastres de origen climático

Entre las necesidades más urgentes relacionadas con las tormentas y huracanes se encuentran: 1) financiar la investigación en las ciencias relevantes y formar y capacitar científicos y profesionales de alto nivel (maestrías y doctorados); 2) cubrir con radares meteorológicos las zonas más densamente pobladas y actualizar las redes de monitoreo hidrometeorológico, y 3) diseñar e implementar programas integrales de gestión del riesgo por tormentas y huracanes.

Para detener la deforestación de las cuencas hidrográficas amenazadas por huracanes y tormentas, urge cuantificar económicamente el valor de los servicios ecosistémicos que prestan los bosques naturales y compensar económicamente a las comunidades por su preservación.

Los planes de gestión del riesgo deberán vincular las tareas de monitoreo y pronóstico hidrometeorológicos con las autoridades de gestión del riesgo, y de estas con la sociedad civil, mejorando el acceso a la información disponible con datos detallados en tiempo real. Además, es deseable incrementar la coordinación de los gobiernos nacionales, regionales y municipales con la sociedad civil en las actividades de prevención, diseminación de la información y evacuación y mitigación de los impactos por tormentas y huracanes.

La vulnerabilidad a sequías e inundaciones es bastante dispar entre los distintos países RIOCC debido a los contrastes en los factores sociales y ambientales. No obstante, es fundamental que los esfuerzos para reducirla se orienten a una acción colectiva de la comunidad iberoamericana.

Para que las estrategias de adaptación en el ámbito de las sequías e inundaciones sean realmente efectivas, es imprescindible reducir las incertidumbres con respecto a los cambios previstos. Esto solo es posible si se prioriza la investigación sobre el cambio climático y sus impactos, y se implementan mejoras en los sistemas de monitoreo y alerta climáticos e hidrológicos.

Desde el punto de vista de la inestabilidad de laderas (aunque esto se podría extender al resto de los sectores), es prioritario lograr que la gestión del riesgo se considere, a todos los efectos, una estrategia de adaptación y desarrollo. El riesgo es un común denominador de la gestión desde la perspectiva de diferentes enfoques, disciplinas y sectores, como el desarrollo social y económico, la infraestructura, la protección ambiental, el ordenamiento territorial, la sostenibilidad, la resiliencia, la adaptación al cambio climático y la propia gestión del riesgo, entre otros. Una visión fragmentada de la problemática es inconveniente y contribuye a la falta de efectividad.

Sería deseable que la gestión del riesgo de desastres se impulsase cada vez más como una estrategia de desarrollo, sostenibilidad y transformación, de tal modo que, además de ser una estrategia de anticipación frente al riesgo asociado al cambio climático, también contribuya a la prestación de servicios ecosistémicos y a aumentar la sostenibilidad en la obtención de recursos para las futuras generaciones.

Muchos países RIOCC no disponen aún de sistemas robustos de monitoreo de incendios y menos aún de sus impactos. Resulta imprescindible invertir en monitoreo ambiental, social y económico, especialmente en regiones poco estudiadas. El monitoreo permite prevenir posibles efectos catastróficos y a la vez medir la efectividad de las medidas implantadas en términos de disminución de los riesgos y de maximizar el efecto sumidero de nuestros bosques y ecosistemas silvestres o gestionados.

Resulta necesario y urgente contar con una nueva gobernanza del fuego basada en medidas de adaptación para evitar un «estado de no retorno» de las áreas naturales y rurales afectadas en la región y reducir las pérdidas económicas y humanas ocasionadas por incendios catastróficos.

Otras áreas y sectores clave

Para dar paso a una gobernanza climática más robusta en asentamientos urbanos y rurales, se precisa fomentar la participación, las alianzas, la cooperación e incluso la coproducción de soluciones por los diferentes actores implicados. La efectividad de la adaptación local habrá de medirse en términos de la mejora concreta de las poblaciones más vulnerables, por lo que la acción tendrá que ir más allá de ajustes en la gestión de la respuesta a los impactos del clima para promover cambios estructurales o sistémicos profundos que modifiquen las condiciones que crearon la vulnerabilidad en una primera instancia.

En el ámbito de los asentamientos urbanos y rurales también se necesita la generación de información local de manera robusta y consistente de la mano de la coproducción de conocimiento y soluciones. Un primer paso necesario es identificar a los más expuestos y vulnerables ante eventos meteorológicos o climáticos de diversa índole (p. ej., olas de calor, inundaciones, deslizamientos de laderas, falta de suministro de agua, etc.). La identificación de la exposición y vulnerabilidad ambiental y humana con cartografías de riesgo es urgente.

En América Central y Sudamérica y el Caribe gran parte de la financiación para la adaptación en zonas costeras procede de organismos multilaterales y entidades de cooperación internacional y está siendo implementada, en muchos casos, por las ONG. Sería deseable una mayor coordinación para reducir la fragmentación, evitar duplicidades y favorecer una visión de medio plazo y una priorización de los recursos destinados a la adaptación en la costa.

Las barreras institucionales más comunes para la adaptación en las zonas costeras en los países RIOCC son: el conflicto competencial y la falta de información, los frecuentes cambios o ausencia de políticas específicas, y la falta de recursos y capacidades para hacer frente a las diferentes fases del ciclo de la adaptación.

La adaptación al cambio climático en el sector turístico, en general, no se considera como un sector individual, sino, en el mejor de los casos, transversal a través de diferentes sectores de la economía y de la sociedad. Además, los actores locales y nacionales relacionados con la industria del turismo no han dado prioridad al cambio climático, como reflejan los bajos niveles de adaptación en los países de Iberoamérica. La adaptación al cambio climático del sector turístico es esencial para el desarrollo social y económico de los países. Promover esta agenda y la específica de la adaptación del turismo al cambio climático es urgente.

Es preciso mejorar el conocimiento por parte de la industria del turismo acerca de los riesgos del cambio climático, y generar estudios económicos acerca del valor del destino y de los costos de adaptación y la inacción. Hay que avanzar en la adaptación dentro del binomio energía-agua, así como en el de conservación-mitigación. Las alternativas al alto uso de emisiones de GEI deben explorarse, aumentando la eficiencia de cada unidad emitida.

La salud humana debe ser un área prioritaria en el contexto de la lucha contra el cambio climático. A pesar de las incertidumbres existentes, hay evidencia suficiente para justificar el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas de salud y garantizar que las acciones de adaptación y mitigación sirvan para protegerla.

Existe la necesidad de identificar a las poblaciones vulnerables y expuestas a los riesgos del cambio climático a nivel regional o local. Con base en esta información se deben elaborar sistemas de información geográfica e identificar, proponer e instrumentar medidas de adaptación que reduzcan el impacto negativo del cambio climático sobre la salud de dichas poblaciones.

El acceso a agua potable y saneamiento es una necesidad básica. Además, hace falta fortalecer sistemas de alerta y vigilancia que incluyan las enfermedades asociadas al clima.

Sumário para Formuladores de Políticas

José M. Moreno (Espanha), Clara Laguna-Defior (Espanha), Paulina Aldunce (Chile), Vicente Barros (Argentina), Bibiana Bilbao (Venezuela), Mercedes Bustamante (Brasil), Eduardo Calvo Buendía (Peru), Inés Camilloni (Argentina), Omar Darío Cardona (Colômbia), Jorge Cortés (Costa Rica), Gian Carlo Delgado (México), José A. Marengo (Brasil), Carlos Mena (Equador), Jaime Mendo (Peru), Ana Rosa Moreno (México), Úrsula Oswald Spring (México), Germán Poveda (Colômbia), Fabio R. Scarano (Brasil), Miguel A. Taboada (Argentina) e Sebastián Vicuña (Chile).

Recomenda-se citar este texto como:

Moreno J.M., C. Laguna-Defior, P. Aldunce, V. Barros, B. Bilbao, M. Bustamante, E. Calvo Buendía, I. Camilloni, O.D. Cardona Arboleda, J. Cortés, G.C. Delgado, J.A. Marengo, C. Mena, J. Mendo, A.R. Moreno, Ú. Oswald Spring, G. Poveda, F.R. Scarano, M.A. Taboada y S. Vicuña, 2020: Resumo para os Responsáveis de Políticas. Em: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y Ú. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España.

ÍNDICE DO SUMÁRIO

A) Introdução XXXIX
B) O contexto dos países da RIOCC XL
C) Relevância dos setores e sistemas incluídos no relatório XLII
D) Componentes do risco e impactos das mudanças climáticas XLV
E) Principais riscos das mudanças climáticas XLIX
F) Opções e ações de adaptação LIII
G) Exemplos de experiências úteis para a adaptação LVII
H) Barreiras e oportunidades da adaptação LXI
I) Necessidades futuras para avançar na adaptação LXIV

A) Introdução

Apresentação do relatório

O relatório RIOCCADAPT tem como objetivo avaliar as ações de adaptação às mudanças climáticas que estão sendo realizadas nos países da Rede Ibero-americana de Escritórios de Mudança Climática (RIOCC), isto é, os países de língua espanhola e portuguesa das Américas, ilhas do Caribe e da Península Ibérica (**Figura 1**).

Com a finalidade de contextualizar as ações de adaptação, o relatório também inclui uma análise das vulnerabilidades, assim como dos riscos e impactos das mudanças climáticas.

A adaptação às mudanças climáticas em um marco de risco

As mudanças climáticas acarretam riscos, os quais surgem como consequência da interação de três componentes: ameaça ou perigo, exposição e vulnerabilidade (**Quadro 1, Figura 2**). A materialização do risco se manifesta em forma de impactos que, por sua vez, podem afetar as trajetórias de desenvolvimento e governança ou as mesmas ameaças por via direta ou indireta através das mudanças climáticas.

Adaptação às mudanças climáticas (AMC) é toda ação, atividade, plano ou programa cujo objetivo final é reduzir ou evitar os riscos derivados das mudanças climáticas e seus consequentes impactos através da gestão do risco ou explorar as



Figura 1. Países-membros da Rede Ibero-americana de Escritórios de Mudança Climática (RIOCC). Fonte: elaboração própria baseada em SMHI (2008).

Tabela 1. Conteúdo do relatório por capítulos.

Área temática	Capítulo	Temas dos capítulos
I. Introdução geral	1	Marco conceitual e contexto regional
	2	Sociedade, governança, desigualdade e adaptação
II. Sistemas naturais	3	Ecossistemas terrestres e aquáticos continentais
	4	Ecossistemas marinhos e costeiros
	5	Biodiversidade
III. Sistemas manejados	6	Recursos hídricos
	7	Recursos agropecuários
	8	Recursos pesqueiros
IV. Riscos por desastres de origem climática	9	Tempestades e furacões
	10	Inundações e secas
	11	Instabilidade de encostas e deslizamentos
	12	Incêndios florestais
V. Outras áreas e setores-chave	13	Assentamentos urbanos e rurais
	14	Zonas costeiras
	15	Turismo
	16	Saúde humana

oportunidades que surjam como consequência das mudanças climáticas (**Figura 3**). A adaptação é concebida como algo que é planejado frente a um futuro que será diferente. Por outro lado, as pessoas, individual ou coletivamente, e as comunidades reagem frente às adversidades que acontecem, podendo levá-las a desenvolver ações com um valor adaptativo. Frequentemente, as ações de adaptação são englobadas em outras políticas. De fato, as ações de adaptação mais atraentes costumam ser aquelas que oferecem benefícios de desenvolvimento, bem como redução das vulnerabilidades.

B) O contexto dos países da RIOCC

Os países da RIOCC abrangem áreas desde o paralelo 43° N até o paralelo 55° S, com altitudes que chegam aos 6960 m (Aconcágua, Argentina), planaltos elevados a grande altitude (Altiplano, 3800 m) ou grandes planícies (Amazonas, Los Llanos, La Pampa), um dos desertos mais extremos (Atacama) a zonas extremamente chuvosas (El Chocó, Colômbia). Tudo isto faz com que exista uma grande representação dos climas do planeta, assim como de biomas terrestres ou marinhos. Para efeitos práticos, a zona de estudo foi dividida em nove sub-regiões (**Figura 4**).

Os países da RIOCC apresentam grandes diferenças socioeconômicas entre si e dentro dos mesmos. A pobreza está amplamente distribuída. A expectativa de vida é inferior à dos países mais desenvolvidos. A desigualdade de gênero continua predominando. Os países da RIOCC são uma fonte de emigração, para dentro da mesma região ou fora dela.

Quadro 1. Alguns dos principais conceitos relacionados com o risco e a adaptação

Ameaça: A ocorrência potencial de um evento ou tendência física de origem natural ou humana, ou um impacto físico, que podem causar a perda de vidas humanas, lesões ou outros efeitos negativos sobre a saúde, bem como danos e perdas em propriedades, infraestruturas, meios de subsistência, prestações de serviços e recursos ambientais. Neste relatório, o termo é usado como sinônimo de perigo.

Exposição: A presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções, serviços e recursos ambientais, infraestrutura ou ativos econômicos, sociais ou culturais em lugares e entornos que poderiam ser afetados negativamente.

Vulnerabilidade: Propensão ou predisposição a ser adversamente afetado. A vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos que incluem a sensibilidade ou suscetibilidade a danos e a falta de capacidade de resposta e adaptação.

Risco: Potencial de consequências em que algo de valor humano (incluindo os próprios seres humanos) está em perigo com um desenlace incerto. Usualmente o risco é representado como a probabilidade de ocorrência de eventos ou tendências perigosas multiplicada pelas consequências em caso de que tais eventos ocorram (**R = P*C**; onde R = risco, P = probabilidade, C = consequências ou impactos). Os riscos resultam da interação entre a ameaça ou perigo, a exposição e a vulnerabilidade e são expressos como: **R = A*E*V** (R = risco; A = ameaça; E = exposição; V = vulnerabilidade).

Gestão de riscos: planos, medidas ou políticas aplicadas para reduzir a probabilidade ou as consequências dos riscos ou para responder a suas consequências.

Adaptação: processo de ajuste frente a estímulos climáticos atuais ou esperados e seus efeitos. Nos sistemas humanos, a adaptação tem como objetivo moderar ou evitar danos ou, ainda, explorar oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, a intervenção humana pode facilitar o ajuste frente a estímulos climáticos esperados e seus efeitos.

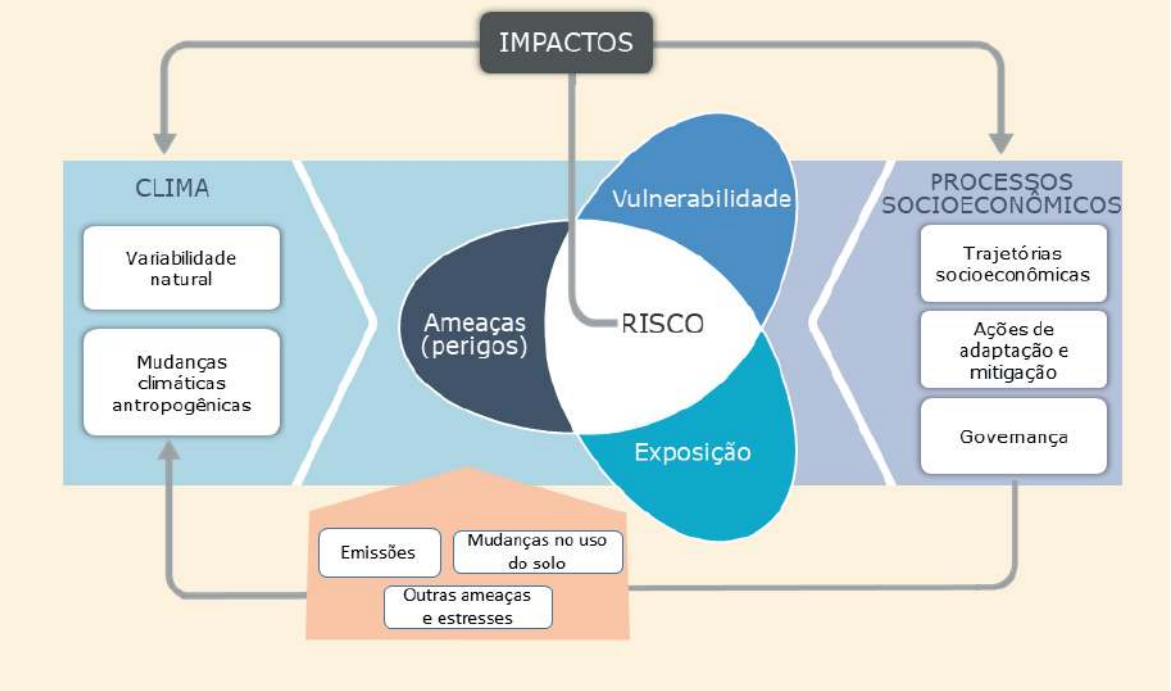


Figura 2. Marco conceitual de risco, expresso como o produto da interação entre as ameaças do clima e as mudanças climáticas, a exposição e a vulnerabilidade que, nos sistemas humanos, dependem principalmente dos processos socioeconômicos que determinam as trajetórias socioeconômicas, as ações de adaptação e mitigação e a governança. Os riscos se materializam em impactos que, por sua vez, podem afetar o clima ou os processos socioeconômicos. Estes últimos podem afetar outros fatores que também contribuem para o risco, ao mesmo tempo que as emissões de gases de efeito estufa, as mudanças de uso do solo e outras ameaças e estresses incidem sobre as mudanças climáticas ou através de ações diretas sobre os próprios riscos. Fonte: modificado a partir do Cap.19, AR5, WG2, IPCC de 2014 (Oppenheimer *et al.,* 2014).

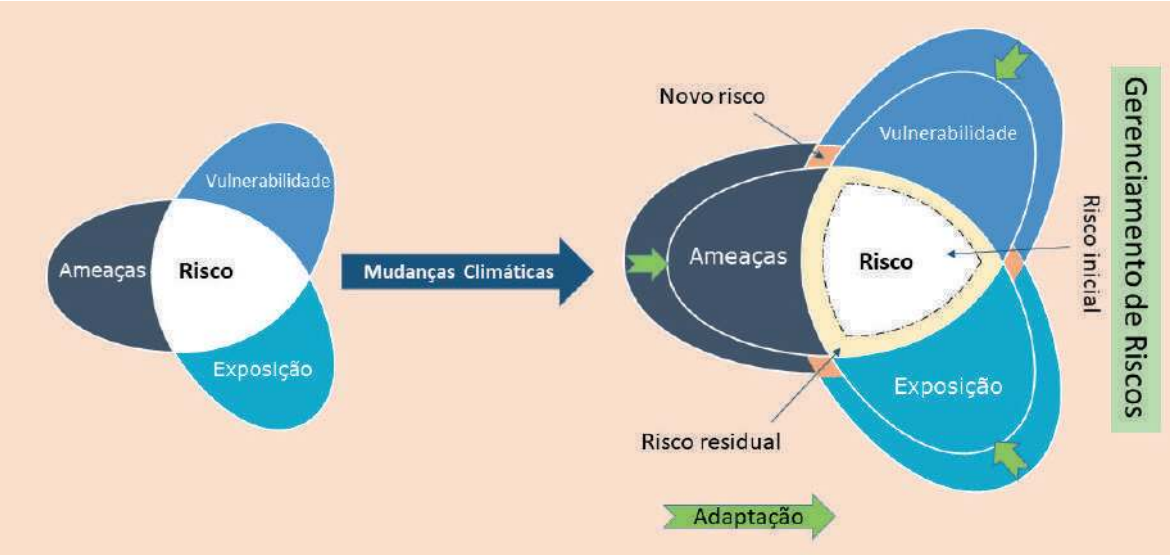


Figura 3. As mudanças climáticas acarretam riscos maiores aos existentes ou novos riscos que precisam ser administrados para reduzir, na medida do possível, os impactos correspondentes. A adaptação trata, portanto, de agir sobre os três componentes do risco. A intervenção sobre as ameaças climáticas pode ser menos viável, motivo pelo qual as ações sobre os outros dois componentes do risco serão mais importantes. Mesmo com a adaptação, não será possível evitar a totalidade do risco, restando um risco residual que deverá ser enfrentado. Fonte: elaboração própria baseada no Cap.19, AR5, WG2, IPCC de 2014 (Oppenheimer *et al.,* 2014).

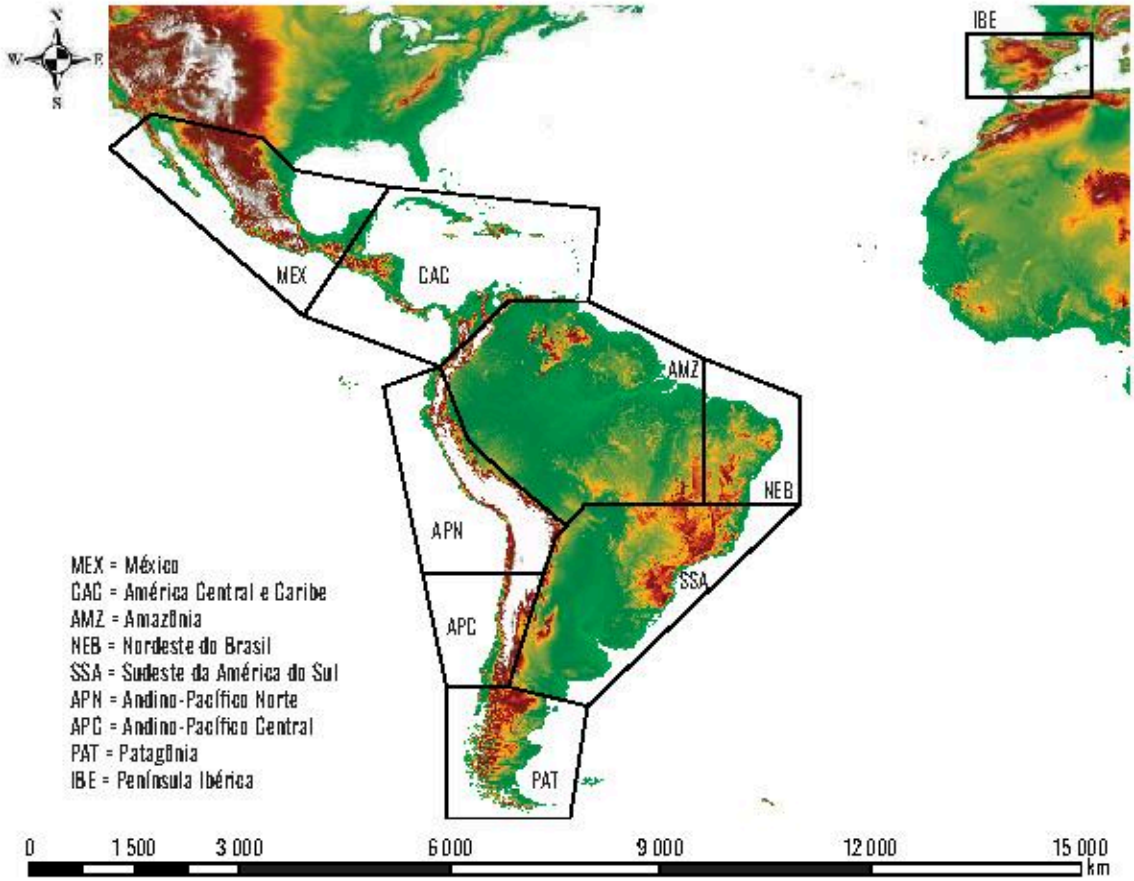


Figura 4. Mapa topográfico dos países da RIOCC e divisão geográfica utilizada neste relatório. Fonte: elaboração própria baseada em Magrin *et al.* (2014) e Seneviratne *et al.* (2012).

Estão sendo verificados na região aumentos de temperatura generalizados associados às emissões de gases de efeito estufa de origem antrópica. As mudanças em termos de precipitações são mais variadas e incluem tanto aumentos (sudeste da América do Sul) como diminuições (Espanha, Chile, México, nordeste do Brasil).

A médio prazo (meados do século XXI ou quando se excedam os **1**,5 °C de aquecimento global) se prevê que, com as mudanças climáticas, as temperaturas continuem aumentando, embora com variações em sua magnitude nas distintas sub-regiões. As precipitações continuarão aumentando nas áreas onde este fenômeno já está ocorrendo (sudeste da América do Sul) e diminuindo nas zonas subtropicais semiáridas, tanto no continente americano quanto no europeu (Chile, México, Península Ibérica), ou tropicais do nordeste do Brasil e da América Central.

As emissões de gases de efeito estufa estão aumentando per capita em alguns países, embora as emissões médias por pessoa sejam muito menores que as de países mais desenvolvidos. As emissões procedentes das mudanças de uso do solo são muito elevadas em alguns países.

O marco político de cooperação e coordenação das políticas de combate às mudanças climáticas está pouco desenvolvido. Em geral, a luta contra as mudanças climáticas não tem sido um objetivo prioritário das distintas entidades regionais nas quais participam os países da região.

C) Relevância dos setores e sistemas incluídos no relatório

Sociedade, governança e desigualdade

A ampla desigualdade econômica e social, os bolsões de pobreza urbana e periurbana, a população rural, dominante em poucos países, que depende de uma agricultura praticamente de subsistência, bem como a também numerosa população indígena e a desigualdade de gênero são, entre outras, algumas das principais características das socieda-

des de muitos dos países da RIOCC. Além disso, grande parte desta população está assentada em zonas de risco e, portanto, altamente exposta e é pouco resistente frente aos acontecimentos climáticos devido à abundante moradia de autoconstrução e de baixa qualidade. Isto a torna altamente vulnerável frente às ameaças de tipo climático.

Sistemas naturais

Os ecossistemas terrestres e aquáticos continentais dos países da RIOCC contêm cerca de 800 milhões de hectares de áreas de floresta, 570 milhões de hectares de savanas silvestres, 700 milhões de hectares de terras produtivas, mais de 30 % da água doce disponível no planeta e ao redor de 40 % do total de recursos hídricos renováveis. Representam um dos ativos mais valiosos da região por sua importância estratégica para o desenvolvimento sustentável. Constituem a base de uma ampla gama de atividades humanas, como a agricultura, a pesca, a silvicultura e o turismo, entre outras, que produzem bens e serviços de mercado e são uma fonte importante de renda e emprego.

Os países da RIOCC contam com uma extraordinária diversidade de ecossistemas marinhos e costeiros que contribuem com serviços socioeconômicos extraordinários. Esta diversidade de ecossistemas inclui, entre outros, mangues, estuários, marismas, prados de gramas marinhas, recifes de corais e florestas de macroalgas, além de águas profundas.

A Ibero-América é extremamente rica em biodiversidade. Em geral, o continente americano alberga cerca de 29 % de todas espécies de plantas com sementes do planeta, 41 % dos pássaros, 35 % dos mamíferos, 51 % dos anfíbios e 35 % dos répteis, dos quais a grande maioria se encontra na América do Sul, Mesoamérica e no Caribe. Estima-se que a Floresta Amazônica possua ao redor de 1/10 de todas as plantas e animais. A porção setentrional da Cordilheira dos Andes sozinha alberga cerca de 45.000 espécies de plantas, das quais 44 % são endêmicas. A Península Ibérica é também a zona mais ricas em espécies da Europa, com mais de 50 % de todas as plantas e animais do continente. A isto se deve acrescentar a extraordinária biodiversidade das Ilhas Canárias, Açores e Madeira. Essa biodiversidade é essencial para o fluxo de serviços ecossistêmicos e suas funções e é vital para a segurança alimentar, para a economia e para os valores culturais e de identidade, entre outras coisas.

Sistemas manejados

Existe uma distribuição heterogênea dos recursos hídricos disponíveis na região. América Central e América do Sul são regiões com elevada disponibilidade média de recursos hídricos, porém distribuídos de maneira heterogênea dentro da região e de cada país. A quantidade de recursos em termos da disponibilidade per capita é muito distinta entre os países, sendo próxima ao limite do estresse hídrico em alguns deles (especialmente no Caribe e na Península Ibérica).

O principal setor usuário de água na região é a agricultura, com valores próximos a 70 % do uso de água total, embora a prática principal seja a agricultura de sequeiro, e chegando em alguns casos a representar mais de 90 % do consumo de recursos hídricos. O uso para geração de energia hidrelétrica é também um fator relevante na região comparado com outras regiões do mundo. Apesar de melhorias no acesso à água potável nas zonas urbanas, seu acesso nas zonas rurais continua sendo um desafio importante em muitos países da região.

A população rural nos países da RIOCC alcança cerca de 130 milhões de pessoas, com uma proporção que varia de 8 a 47 %, segundo o país. Esta produz em total 250,8 milhões de toneladas de cereais e oleaginosas, dos quais quatro países (Brasil, Argentina, México e Espanha) são responsáveis por 84 % da produção. Três países do conjunto da RIOCC (Brasil, Argentina e México) concentram 68,8 % das terras agrícolas da região. Estas terras são destinadas principalmente (72,5 %) à produção de forragem para o gado (pastagens e pastos). O setor agropecuário é responsável por 10 % a 60 % das emissões de gases de efeito estufa dos países, sendo a fermentação entérica dos ruminantes a principal fonte das mesmas (34 %-55 %).

O setor agropecuário dos países da RIOCC é muito heterogêneo. Na maior parte dos países da América Latina e do Caribe existe uma proporção mais ou menos elevada da população rural que desenvolve algum tipo de agricultura de pequena escala, familiar e campesina, com escassa conexão com os mercados internacionais, frequentemente de subsistência, e com a aplicação de práticas ancestrais; embora também exista desenvolvimento capitalista em hortas familiares. Por outro lado, existem países com menor população rural e maior extensão de terra (ex.: Argentina, Brasil e Paraguai), cuja atividade agropecuária é de tipo empresarial, altamente tecnificada, com maiores escalas e um forte foco nos saldos exportáveis.

A pesca e a aquicultura são setores de enorme interesse em alguns dos países da região, contribuindo com mais de 10 % da produção pesqueira mundial. O setor emprega quase 2,4 milhões de pessoas na América Latina e no Caribe apenas. Dos 25 países que lideram o ranking mundial de capturas, 6 deles pertencem à Ibero-América, nesta ordem de importância: Peru (5º produtor mundial), Chile (12º), México (16º), Espanha (19º), Argentina (22º) e Equador (23º).

O Sistema da Corrente de Humboldt (sudeste do Pacífico) é o ecossistema marinho mais produtivo em termos pesqueiros em nível global e está dominado por uma única espécie (*Engraulis ringens* ou anchoveta peruana) que contribui com mais de 30 % das capturas totais dos países da RIOCC. Esta espécie está destinada principalmente à produção de farinha e óleo de peixe utilizados na formulação de alimentos balanceados para aquicultura, avicultura, pecuária, entre outros.

Riscos por desastres de origem climática

Os furacões e tempestades constituem umas das maiores ameaças na América Latina e no Caribe. Entre 1970-2010 ocorreram 70 desastres naturais de origem climatológica na região, com 31 deles na América Central e no México, 16 na América do Sul e 23 no Caribe. Deles, 40 foram causados por tempestades e furacões, 14 estiveram associados com períodos do fenômeno *El Niño*, apenas 3 com períodos do fenômeno *La Niña* e 14 com períodos neutros. Os desastres por tempestades e furacões causaram 50,2 % das mortes associadas a desastres de origem climática, 37,3 % da população afetada, 41,3 % dos danos e 38,4 % das perdas totais. Os desastres causados pelo *El Niño* e *La Niña* ocasionaram 4,1 % das mortes, 48,8 % da população afetada, 47,8 % dos danos e 52 % das perdas. Na Península Ibérica também causam grandes perdas os temporais do sudoeste e as tormentas da frente polar no inverno, assim como intensas tempestades no verão e outono, em particular na zona mediterrânea.

Estima-se que os custos dos danos e as perdas ocasionadas pelos desastres de origem climática na América Latina e no Caribe durante 1972-2010 ascenderam a 106.4 bilhões de USD, dos quais 21,0 correspondem a furacões e tempestades no Caribe, 17,6 na América Central e 3,7 no México. Em função do fenômeno *El Niño*, os danos chegaram a 42,5 milhões de USD na América do Sul e a 4,0 na América Central e, em função de *La Niña,* a 5.5 bilhões de USD na América do Sul. Por precipitações extremas (inundações e deslizamentos de terra) os custos dos danos ascenderam a 11,0 bilhões de USD.

Nas últimas décadas, as inundações causaram quase a metade dos desastres relacionados com o clima no mundo todo. Sua importância relativa também tem aumentado, seja em termos de perdas econômicas, de perdas de resseguros ou em número de eventos de inundação informados. No entanto, a atribuição das mudanças observadas não é clara, estando entre as possíveis causas os aumentos em magnitude ou frequência de precipitações extremas. Nas duas últimas décadas foram registradas na América Latina e no Caribe 548 eventos de inundação, afetando um total de 41 milhões de pessoas e com danos estimados em 26 bilhões de USD. Os países mais afetados recentemente foram Brasil, México, Colômbia e Peru, sendo observados aumentos nos caudais máximos diários na bacia do Rio da Prata ou na Amazônia.

Nas últimas décadas, México, Amazônia e nordeste do Brasil, centro-sul do Chile, Patagônia e Península Ibérica experimentaram uma maior frequência de secas. Pelo contrário, a frequência diminuiu no norte da Argentina e no Uruguai. As secas meteorológicas foram mais severas em partes da Patagônia e no sul do Chile, no nordeste do Brasil, Nicarágua, Honduras, sul do México, Baixa Califórnia e na Península Ibérica. Já no sudeste do Brasil, do contrário, foram observadas secas menos severas. No período entre 2005 e 2015, a seca produziu na América Latina e no Caribe danos em cultivos e para a pecuária no valor de 13 bilhões de USD.

A Cordilheira dos Andes e outros sistemas montanhosos da América Latina e do Caribe são especialmente suscetíveis à apresentação de processos de instabilidade ou deslizamento de encostas, devido a suas características geodinâmicas e climáticas. O risco não se deve apenas ao excesso de chuvas, mas também a processos de deterioração ambiental, desmatamento, degradação de bacias e ao aumento de múltiplos processos de vulnerabilidade física e social dos assentamentos humanos, que também são impulsores do risco. Nas últimas décadas, os riscos por instabilidade de encostas representaram pelo menos 12,6 % de todos os desastres com mais de 10 mortos.

A gestão do risco de desastres e a adaptação às mudanças climáticas são processos de caráter integral, interinstitucional, multissetorial e interdisciplinar. Em geral dão lugar a políticas públicas que apresentam os mesmos objetivos. Não é muito apropriado falar de adaptação frente à instabilidade de encostas ou aos deslizamentos se referindo ao problema de forma genérica, sem mencionar a gestão do risco de desastres. Promover a gestão do risco é equivalente a promover a adaptação, embora o risco derivado da instabilidade de encostas não necessariamente esteja associado às mudanças climáticas em todos os casos.

Os incêndios florestais estão presentes em boa parte dos ecossistemas terrestres da região e seus impactos podem ser positivos ou negativos, dependendo do tipo e regime de incêndios e contexto em que ocorrem. O fogo é uma ferramenta para a gestão da paisagem e muitas comunidades indígenas e rurais dependem dele para sua sobrevivência. Certos ecossistemas precisam do fogo para sua estabilidade (ex.: savanas, plantações de azinheira ou de pinheiro de certas áreas dos países da RIOCC).

Naqueles lugares onde o fogo não faz parte natural das perturbações do ecossistema ou onde a atividade humana produz mudanças em seu regime natural, tornando os incêndios mais frequentes, extensos ou severos, o fogo representa uma perturbação que pode produzir graves impactos sobre os ecossistemas, alterando sua composição e estrutura, as funções e serviços que prestam ou sua capacidade como sumidouro de gases de efeito estufa, além de afetar bens, valores e vidas humanas.

A incidência atual de incêndios na Ibero-América é de alta a muito alta. Cada ano são queimados mais de 40 milhões de hectares, o que representa 7-14 % da área queimada mundial. Em sua maioria, as causas de ignição são humanas, embora os raios sejam importantes em algumas zonas. Em termos de superfície queimada a cada ano, os países mais afetados são Brasil e Bolívia (4 % de seus respectivos territórios), seguidos por Portugal (1,6 %). A estimativa do número de incêndios ativos através de registros satelitais nas últimas décadas revela que Guatemala, Paraguai e Honduras passaram a liderar o número de incêndios por unidade de superfície na região.

Outras áreas e setores-chave

A região da RIOCC está altamente urbanizada e a perspectiva é que esta urbanização aumente cada vez mais. Em 2050, ao redor de 90 % da população será urbana em países como México, Costa Rica, Argentina, Espanha e Brasil. Apesar disso, o peso da população rural continuará sendo considerável em alguns países, particularmente na América Central e no Caribe. Destaca-se também a elevada porcentagem da população que habita em grandes conurbações de mais de 5 milhões de habitantes, de maneira que, com exceção da América Central e do Caribe, no restante dos países latino-americanos da RIOCC em torno de 20 % da população mora nelas.

Muitas das grandes cidades têm experimentado um crescimento desordenado nas últimas décadas; caracterizado pela autoconstrução, moradias de baixa qualidade, serviços deficientes, insegurança, alto nível de pobreza e meios de subsistência marginais. Existem cerca de 124 milhões de pobres urbanos (entre pobreza não extrema e extrema). O mundo rural, por sua vez, caracteriza-se também por sua deficiência em serviços, agricultura pouco tecnificada em certos países (América Central) ou em regiões de países (Brasil) e alta pobreza, sendo calculados 58 milhões de pobres rurais, contexto no qual a população indígena apresenta a pobreza mais aguda.

A costa dos países da RIOCC conta com mais de 70.000 km de extensão. É uma zona onde estão assentados alguns dos habitats mais valiosos e únicos do planeta e onde se localiza um desenvolvimento intensivo, uma parte importante da atividade econômica de muitos dos países e, ao mesmo tempo, elevados níveis de pobreza.

Com base nos dados da população do ano 2000, estima-se que entre 29 e 32 milhões de pessoas vivem nos primeiros 10 metros de elevação da costa da América Latina e do Caribe e mais de 6 milhões na planície de inundação de 100 anos de período de retorno, sem considerar os furacões. Na Colômbia, Venezuela, Costa Rica, El Salvador e Panamá, mais de 30 % da população total vive nestes primeiros 10 metros de elevação da costa.

As tendências demográficas e as projeções do aumento do nível médio do mar indicam que, na metade do século e em ausência de adaptação, serão 10 milhões de habitantes que estarão localizados na planície costeira inundável.

A indústria do turismo dos países da RIOCC é uma das mais importantes desde o ponto de vista econômico. Em 2019, a contribuição média deste setor ao PIB foi de 11,7 % nos países da Ibero-América, entre os quais se destacam Portugal (22,9 %), Uruguai (18,5 %) e Espanha (16,2 %). O turismo de natureza, sol e praia, cultural, esportivo ou ecológico possui uma representação crescente na região.

Existem notáveis diferenças na solidez dos sistemas sanitários e no nível de pobreza entre os países da RIOCC. Por um lado, existem países com sistemas sanitários mais desenvolvidos e com baixo nível de pobreza (Espanha, Portugal, Uruguai, Chile) e, por outro, estão aqueles onde o sistema sanitário é deficiente e a pobreza é elevada (boa parte dos países da América Central). Até um terço da população latino-americana possui limitações de acesso aos serviços de saúde. O acesso é mais difícil em zonas rurais e remotas que, além disso, possuem menor acesso à água potável e moradias inseguras.

D) Componentes do risco e impactos das mudanças climáticas

Sociedade, governança e desigualdade

As ameaças das mudanças climáticas através de mudanças tanto em termos de temperatura quanto de precipitações, em particular acima de seus valores extremos, assim como pelo aumento do nível do mar, se traduzem em impactos negativos nos meios de subsistência, em insegurança alimentar e má nutrição, particularmente em crianças, em aumento das taxas de migração e de morbidade e mortalidade.

Os impactos são geralmente mais agudos nas populações marginalizadas sociopoliticamente, como podem ser as mulheres, os povos indígenas e aqueles que vivem em condições de pobreza. Isto se deve a que estes coletivos, com frequência, não têm satisfeitas muitas de suas necessidades básicas, apresentam pobreza energética, carecem de poder para participar na tomada de decisões, estão isolados em termos físicos e sociais, sofrem discriminação e deslocamentos forçados, têm um acesso limitado à educação, aos recursos naturais e ao capital financeiro. As mulheres, além disso, estão expostas à violência de gênero.

Os povos originários são vulneráveis também pela negação de seus direitos e de sua relação material e espiritual com o meio ambiente. É necessário que esta diferenciação seja incluída nas avaliações de vulnerabilidade dos países da RIOCC uma vez que se constata que ainda não foi suficientemente considerada ou ocupa um lugar secundário nestas avaliações.

Sistemas naturais

As mudanças de uso do solo são dominantes na região. Durante a primeira década deste século, o desmatamento de florestas úmidas, secas, savanas e matagais afetou mais de 0,54 milhões de km^2, que foram convertidos em cultivos ou pastos. É a região do mundo com maior taxa de desmatamento. Paralelamente, ocorreu também o abandono nas zonas secas ou demasiado íngremes para a agricultura, afetando 0,36 milhões de km^2.

Os efeitos combinados das mudanças climáticas e da perda de habitats representam uma grande ameaça para os ecossistemas terrestres e aquáticos continentais dos países da RIOCC. As mudanças do clima previstas antecipam uma diminuição da produtividade a curto prazo e degradação a longo prazo. O manejo inadequado e a fragmentação diminuem as funções ecossistêmicas, ao mesmo tempo que os tornam mais vulneráveis às mudanças climáticas.

Os ecossistemas de alta montanha (ex.: páramo, puna) são críticos para a regulação hídrica de amplas zonas e apresentam uma alta capacidade de absorver carbono. Sua persistência está ameaçada pela exploração excessiva e pelas mudanças climáticas. As florestas tropicais, principalmente a Amazônia, encontram-se ameaçadas pela seca, particularmente em cenários de maior emissão, bem como por incêndios que antes não ocorriam. As florestas temperadas são ameaçadas pela perda do nicho climático, assim como pelo fogo. Os ecossistemas áridos enfrentam um maior risco de desertificação (ex.: a caatinga, no Brasil) e de pressão pecuária, o que os torna ainda mais vulneráveis.

Os ecossistemas aquáticos enfrentam mudanças no regime de caudais, o que modificará sua sazonalidade. Isto se deve à perda de massa de gelo glaciar (Cordilheira dos Andes, Patagônia). Está prevista uma diminuição do sedimento dos rios amazônicos tropicais, assim como da produtividade à jusante nas zonas alagáveis. Nas zonas temperadas, secas extremas como resposta às mudanças climáticas ou por eventos mais frequentes do fenômeno *El Niño* podem ocasionar alterações importantes nas comunidades aquáticas. O aumento da temperatura das águas levará também a alterações da qualidade da mesma (ex.: menor capacidade de dissolução de oxigênio).

A temperatura dos oceanos está aumentando, assim como o nível do mar, enquanto as águas estão se tornando mais ácidas. Como consequência, a distribuição de algumas espécies, seu comportamento e reprodução estão mudando. Os padrões das correntes oceânicas também estão sendo alterados. Os resultados destas transformações apresentam impactos sobre os ecossistemas marinhos e costeiros, reduzindo significativamente sua resiliência e comprometendo sua capacidade de fornecer bens e serviços. Isto inclui a redução dos benefícios econômicos pela migração das espécies de captura, a diminuição de empregos, a perda do conhecimento tradicional das populações costeiras e uma menor coesão social das comunidades costeiras, o que em última instância provocará maior desigualdade na região.

Os ecossistemas marinhos e costeiros dos países da RIOCC já estão sendo impactados, de forma direta e indireta, pela atividade humana e pelos efeitos das mudanças climáticas. O cultivo de frutos do mar, a construção de represas, a mineração de sal em grande escala e as descargas de efluentes contaminados no mar, o desmatamento e a conversão de terras para a agricultura, entre outros fatores de tensão, acentuam os impactos associados às mudanças climáticas nos ambientes marinhos e costeiros da região.

Os impactos das mudanças climáticas sobre os ecossistemas marinhos e costeiros dos países da RIOCC se manifestam em um contexto de vulnerabilidade preexistente. A vulnerabilidade é derivada das atividades humanas desenvolvidas em torno aos ecossistemas marinhos e costeiros (turismo, expansão urbana não planejada, poluição de fontes terrestres e auge da aquicultura). Estas representam uma ameaça para as populações de peixes, corais e mangues. Já foram observados alguns desses impactos na região tais como o branqueamento dos corais no Caribe, em consequência do aumento da temperatura, e a perda de cobertura de mangues.

A previsão é que a temperatura do mar continue aumentando, da mesma forma que as ondas marinhas de calor, a acidificação das águas, o nível do mar e as zonas de hipóxia. Isto causará deslocamentos de espécies marinhas para latitudes mais setentrionais, com extinção local de espécies nos trópicos e mares fechados, branqueamento de corais, o que em conjunto com o aumento do nível do mar os deixará em uma situação de alto risco. A produtividade líquida do mar será redistribuída com uma tendência a diminuir quanto maiores sejam as emissões de gases de efeito estufa. Tudo isto levará a uma redução dos serviços que o mar entrega em forma de capturas da pesca.

Apesar da considerável variação sub-regional, ecossistemas (ex.: de montanha, costeiros, de água doce, urbano, Amazônia) e grupos taxonômicos e funcionais (corais, vertebrados, plantas) vulneráveis às mudanças climáticas estão presentes ao longo de toda a região. Os ecossistemas com áreas de distribuição geográfica restritas e com alto endemismo estão entre os sistemas mais vulneráveis. Os pontos quentes (*hotspots)* de biodiversidade (ou seja, áreas com grande diversidade de espécies que apresentam elevada perda de habitat e altos níveis de espécies endêmicas), 8 no total na região, estão entre os lugares mais vulneráveis do mundo. A bacia do Mediterrâneo, as ilhas do Caribe, o cerrado brasileiro e os Andes tropicais estão entre os *hotspots* mais vulneráveis no mundo.

As mudanças climáticas apresentam impacto direto na biodiversidade ao causar alterações na distribuição ou ao desencadear processos de extinção. Entre os grupos taxonômicos, os anfíbios e os répteis já estão em declínio e enfrentam uma maior extinção em diferentes cenários até 2100. Entre as plantas, as árvores altas são particularmente vulneráveis, bem como as espécies altitude elevada. Em um cenário de alta emissão, mais de 25 % das espécies da América Latina enfrentam risco de extinção até 2100. Os riscos também são elevados para as espécies da Península Ibérica e das ilhas do Atlântico (Canárias, Açores, Madeira).

Sistemas manejados

Com relação aos recursos hídricos, foram observadas reduções dos caudais em alguns rios na Península Ibérica,

Colômbia, México, América Central e em rios que nascem na Cordilheira dos Andes e descendem até o centro-sul do Chile e da Argentina. Estas mudanças são geradas principalmente por uma redução nas precipitações, acentuadas pelas mudanças na criosfera (glaciares e neve), gerando alterações na sazonalidade dos caudais, com redução dos fluxos na estação seca e aumento dos mesmos na estação úmida.

Espera-se, com alto nível de consistência entre modelos, uma redução da disponibilidade de recursos hídricos em algumas zonas da região, como México, América Central e Caribe, no nordeste do Brasil, na região andina central do Pacífico, na Patagônia e na Península Ibérica. O aumento de temperatura acelera o derretimento da neve e de glaciares, alterando a temporalidade e quantidade dos caudais. Eventos extremos e mudanças na qualidade das águas também são uma ameaça. Por outro lado, são esperados aumentos de precipitações nos países tropicais do Pacífico (Peru, Equador, Colômbia), bem como na bacia do Rio da Prata.

No setor agropecuário, as principais ameaças climáticas estão associadas com o aumento do estresse térmico e hídrico sobre cultivos e o gado, com perdas de lavouras e fazendas pelos processos erosivos, com secas e inundações e com maior disseminação de pragas e doenças. Não obstante, em algumas regiões também surgem novas oportunidades pelo aumento de precipitações (sudeste da América do Sul), ou pela possibilidade de explorar novas variedades (megatérmicas ou tropicais) em zonas onde, até o momento, seu cultivo não era habitual.

O nível de exposição às ameaças climáticas é muito variável em função do nível socioeconômico da população afetada, da rigidez ou flexibilidade relativa com que seus sistemas produtivos podem variar ou adotar tecnologia e da possibilidade de assistência ou disponibilidade de tal tecnologia, entre outros aspectos. As populações pobres são as mais expostas, situação que usualmente é agravada pela não propriedade da terra ou pelo assentamento em encostas de montanha, planícies alagáveis ou zonas áridas. Os países mais rurais (ex.: América Central, Andes centrais) possuem menos opções que os mais tecnificados (ex.: Argentina, partes do Brasil, Espanha).

As ameaças potenciais para a pesca e para a aquicultura são: (i) mudanças na temperatura do mar em nível local; (ii) acidificação do oceano; (iii) aumento no nível do mar; (iv) alterações na concentração de oxigênio nos sistemas aquáticos; (v) incremento na intensidade e frequência de tempestades; (vi) mudanças nos padrões de circulação de correntes marinhas; (vii) mudanças nos padrões de chuva; (viii) alterações nos caudais dos rios; (ix) alterações nos fluxos biogeoquímicos (nitrogênio) e (x) maior frequência de eventos extremos dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*.

Nas águas ibéricas atlânticas as mudanças na composição e na distribuição das espécies estão se traduzindo em alterações importantes nas pescas, que terão um efeito nas comunidades de pescadores e nos consumidores. A produção de mexilhões enfrenta um elevado risco de perda de produtividade devido, entre outros fatores, a um aumento dos afloramentos de algas tóxicas e da acidificação da água marinha.

A pesca excessiva, a poluição, a introdução de espécies exóticas e o mau uso dos corpos aquáticos na região, em especial na América Latina, são fatores de estresse não climáticos que agravam os impactos das mudanças climáticas.

Riscos por desastres de origem climática

O aumento na temperatura do ar e do mar está contribuindo para intensificar a ocorrência de furacões de maior categoria e para um aumento na frequência, intensidade e duração de tempestades extremas, com numerosas descargas elétricas. Por outro lado, o aumento do nível do mar está contribuindo, cada vez mais a curto e médio prazo, com a destruição das infraestruturas costeiras, com a redução da extensão dos mangues nas costas caribenhas, centro-americanas e mexicanas, tanto do Atlântico quanto do Pacífico, e com a salinização dos aquíferos costeiros. A acidificação do oceano levará também ao declínio dos recifes de corais. Tudo isso aumentará a vulnerabilidade socioecológica aos furacões.

Os impactos dos furacões são vários, entre eles: perda de vidas humanas, aumento de refugiados, destruição de infraestruturas, perda de serviços essenciais (luz, água, comunicações), poluição das águas, aumento de doenças (ex.: infecções gastrointestinais), perda de safras e de animais domésticos, entre outras.

Os custos totais dos impactos das mudanças climáticas diante de um aumento de 2,5 °C na América Latina e no Caribe poderiam chegar entre 1,5 % e 4,3 % do PIB, enquanto os custos da adaptação não superariam 0,5 % do PIB regional. Por outro lado, para a Península Ibérica se prevê um aumento na ocorrência de tempestades na costa oeste e episódios de "gota fria" (depressão isolada em níveis elevados, ou baixa segregada), bem como ventos mais úmidos e um Mediterrâneo mais quente, produzindo chuvas torrenciais na costa do Mediterrâneo e das Ilhas Baleares e aos denominados "*medicanes*", ciclones tropicais mediterrâneos. Isto mostra a necessidade de implementar planos de adaptação, que deverão ser coordenados com as prioridades do Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030 e com o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

A respeito das secas e inundações, os cenários climáticos futuros disponíveis indicam que continuarão as alterações nos diferentes componentes do ciclo da água, o que afetará de forma desigual os países da RIOCC. São projetados aumentos nos caudais máximos dos rios na Colômbia, Venezuela, Equador, na região costeira do norte do Peru, na bacia do Rio da Prata, na América Central e na Península Ibérica (exceto na costa do Mediterrâneo) e aumento na ocorrência de secas na Amazônia, no nordeste do Brasil, na região mediterrânea, na América Central e no México.

Os países com maior população exposta a inundações recentemente foram Guatemala, El Salvador, Honduras e Colômbia. Os países com maior população exposta à seca foram Guatemala, Chile, Equador, México e Nicarágua.

O crescimento da população, a urbanização acelerada de assentamentos humanos informais, a falta de infraestrutura bem planejada e de qualidade, os altos índices de desigualdade social e de pobreza, as economias dependentes da agricultura e as práticas ambientais inadequadas são fatores socioeconômicos que fomentam a vulnerabilidade e fazem com que os eventos de déficit e excessos hídricos tenham um impacto ainda maior.

A respeito dos deslizamentos, o aumento da intensidade e da frequência das precipitações em função do aquecimento global é um fator que amplifica a ameaça por instabilidade de encostas e, portanto, o risco para os elementos expostos. Porém, o aumento da ameaça se deve também aos danos ambientais e à ação humana. Esta ameaça é, portanto, considerada do tipo sócioambiental. Por outro lado, o aumento do risco também se deve ao incremento da vulnerabilidade, resultado de processos sociais e de ocupação inapropriada do território; ou seja, este tipo de risco não é devido somente à variabilidade do clima e às mudanças climáticas.

Com relação aos incêndios florestais, nas últimas décadas foi observada uma diminuição da atividade de incêndios em nível global, assim como em alguns países (ex.: Espanha), apesar do aumento do perigo meteorológico e, em algumas zonas, da cobertura vegetal. Não obstante, em diversas regiões naturais, rurais ou de interface rural-urbana dos países da RIOCC, os incêndios florestais aumentaram em número, duração, extensão e severidade, com o prolongamento da temporada de incêndios.

Na Ibero-América, houve um aumento da exposição aos incêndios dos ecossistemas vulneráveis ao fogo, como as florestas úmidas tropicais, subtropicais, alto-andinas e andino-patagônicas e as plantações florestais tropicais e mediterrâneas. Também aumentaram sua exposição os ecossistemas propensos ao fogo, como as savanas tropicais e os bosques de pinheiros e azinheiras da América, ou as plantações de pinheiros e matagais mediterrâneos da Espanha e de Portugal. O abandono das zonas rurais e das práticas tradicionais de queimadas por comunidades indígenas ou rurais, a exclusão das queimadas, as plantações e a introdução de espécies invasoras altamente inflamáveis ou períodos de secas intensas e prolongadas estão levando a incêndios particularmente devastadores (megaincêndios) (ex.: Chile e Portugal, 2017; Amazônia 2010, 2015, 2016, 2019).

Os componentes da sociedade em situação de maior risco pelos incêndios são os setores mais pobres, assim como comunidades indígenas e rurais da América Latina, a população das interfaces rural-urbana e os bombeiros florestais de toda a região. As crianças, idosos e mulheres grávidas são os grupos mais vulneráveis à poluição atmosférica devido à emissão de gases e partículas resultantes da combustão da biomassa, mesmo em setores urbanos e rurais distantes dos focos de incêndio.

Em nível global, a previsão é que as mudanças climáticas continuem aumentando o perigo meteorológico de incêndio, tanto mais quanto maior seja o nível de emissões. As áreas de maior perigo dentro da região serão a Península Ibérica, o México, a Amazônia e a zona central do Chile. Também se projeta que a temporada de incêndios se estenda e que o número de dias de perigo extremo aumente. A efetividade deste aumento será maior nas zonas produtivas nas quais os incêndios tenham estado limitados pela climatologia pouco favorável para sua propagação.

Outras áreas e setores-chave

O nível de impacto das mudanças climáticas varia entre assentamentos rurais e urbanos e entre cidades com diferentes padrões de urbanização. Mais ainda, a vulnerabilidade e os potenciais riscos associados às mudanças climáticas não apenas obedecem à tipologia e intensidade das ameaças, mas também às características sociais, econômicas, políticas e culturais de cada caso. Por isso que não existe uma solução única, mas sim desafios comuns.

As características biofísicas de cada região e localidade determinam em boa medida as ameaças sobre as populações, sua escala temporal de formação (rápida ou lenta) e potenciais impactos (ex.: construções em encostas instáveis ou em zonas alagáveis). Por outro lado, as dinâmicas populacionais, os usos do solo e as características do espaço construído que derivam de condições socioeconômicas, políticas, institucionais, tecnológicas e culturais em curso agravam de maneira desigual as vulnerabilidades.

Os assentamentos humanos que experimentarão uma maior vulnerabilidade são aqueles de rápido crescimento, pouco planejamento e, acima de tudo, os de maior informalidade ou aqueles localizados em zonas propensas a riscos em um contexto de carências de infraestrutura, serviços ou ação adaptativa apropriada. A curto prazo as inundações, deslizamentos, erosão costeira e ondas de calor são as principais ameaças em escala local. A longo prazo, o aumento do nível do mar, a falta d'água e a potencial propagação de vetores infecciosos se soma aos anteriores.

Os riscos derivados das mudanças climáticas sobre os sistemas costeiros nos países da RIOCC são determinados pelo aumento de três fatores de origem climática: o nível médio do mar, a temperatura do oceano (temperatura superficial) e a acidificação. As observações existentes destes fatores mostram uma grande variabilidade geográfica na região. Suas projeções futuras indicam aumentos consistentes para trajetórias representativas de concentração de gases de efeito estufa mais altas e horizontes temporais mais distantes.

A inundação e a erosão induzidas pelos eventos extremos de ondas e maré meteorológica são os impactos de origem climática dominantes sobre os sistemas socioeconômicos

localizados na costa. Estes impactos são exacerbados pela ação antrópica. Devido ao aumento do nível médio do mar, estes eventos extremos serão cada vez mais frequentes e, portanto, os impactos associados seguirão aumentando no futuro.

O aumento do nível do mar, as mudanças nos regimes de precipitação e as alterações do clima marítimo são responsáveis pelas modificações nos balanços hidro-sedimentares e de nutrientes que incrementam a salinização de aquíferos costeiros e afetam a morfologia da costa. Em consequência destes processos se prevê uma diminuição na disponibilidade de água doce e a alteração ou perda de ecossistemas costeiros.

O aumento da temperatura superficial do mar, as modificações nos regimes hidro-sedimentares, as variações na qualidade da água e a acidificação são processos que modificam os tipos, as extensões e a saúde dos ecossistemas costeiros. Enquanto em muitas zonas os impactos dominantes serão produzidos pelo aumento da temperatura, a ação conjunta destes elementos é o principal fator de indução de risco sobre recifes de corais, vegetação das dunas, mangues e prados de gramas marinhas. A mortalidade de alguns ecossistemas costeiros se elevará também pelo aumento de eventos extremos.

Entre as principais ameaças das mudanças climáticas que podem afetar o setor turístico estão o aumento da temperatura, do nível médio do mar ou de eventos meteorológicos ou climáticos extremos, como ondas de calor, chuvas intensas ou falta de chuva em forma de neve ou água (seca). Estas mudanças podem se manifestar em alterações do habitat e mudanças nas espécies, assim como em doenças. Cada uma destas ameaças e mudanças pode afetar de maneira diferenciada os distintos tipos de turismo.

As mudanças que ocorram na climatologia do destino dos fluxos turísticos são importantes, mas também as que ocorrem na origem, fazendo com que o resultado final dependa da interação de ambas. Por exemplo, uma melhoria nas condições climáticas durante o verão nos locais de origem pode valorizar seus próprios recursos frente aos do destino. Assim, o turismo de sol e praia pode usar os recursos locais e diminuir os fluxos para um destino tradicional, que pode ser afetado com um agravamento na climatologia. Consequentemente, para compreender os impactos das mudanças climáticas no turismo é necessário conhecer como estes acontecerão conjuntamente na origem e no destino.

Alguns dos grandes destinos turísticos da Ibero-América se encontram em zonas altamente expostas. Isto ocorre no Caribe e na costa do Pacífico, regiões afetadas por furacões que acarretam enormes perdas para o setor, principalmente quando estes alcançam intensidades elevadas, como se antecipa que ocorra com as mudanças climáticas. O aumento do nível médio do mar afeta a estabilidade das praias e ameaça os bens e ecossistemas costeiros, minando o próprio recurso turístico. Alguns destinos de neve estão ameaçados pela falta do recurso, em função de uma diminuição nas precipitações. O excesso de calor do verão pode reduzir o conforto climático, diminuindo as atividades ao ar livre.

A vulnerabilidade varia segundo o tipo de turismo. Enquanto o turismo de sol, praia e cidade se baseia em um setor hoteleiro bem desenvolvido, o turismo ambiental em sentido amplo se fundamenta mais sobre sistemas comunitários, com empregos mais informais e uma população de menos recursos, cuja vida depende em grande parte desta fonte. Por outro lado, as mudanças climáticas ameaçam o setor de forma particular, pois podem afetar de forma direta o recurso, por exemplo, através da perda de uma espécie emblemática que migre para outro lugar. Isto faz com que este tipo de turismo e a população que dele depende sejam particularmente vulneráveis.

As ameaças mais importantes das mudanças climáticas para a saúde humana são o aumento de temperatura, as ondas de calor, a falta de água em quantidade (seca) e qualidade, as inundações e a poluição atmosférica. Algumas destas ameaças exercem seus efeitos de maneira direta (calor extremo) e outras de forma indireta, por exemplo, através de alterações na distribuição de vetores de doenças, poluição das águas ou insegurança alimentar.

Desde o ponto de vista da saúde, são mais vulneráveis às mudanças climáticas as populações em condições de pobreza e com carências em infraestrutura (moradia, saneamento, sistema sanitário deficientes), a populações indígenas (que por sua pobreza e marginalização normalmente têm um acesso muito limitado aos principais serviços de saúde) e, no caso das ondas de calor, idosos, crianças e pessoas com doenças cardiovasculares preexistentes. As zonas urbanas podem amplificar os impactos das ondas de calor pelo efeito de ilha de calor urbana.

E) Principais riscos das mudanças climáticas

A seguir, apresentamos uma lista dos principais riscos identificados para cada setor ou sistema analisado. A **Figura 5** apresenta uma seleção de alguns destes riscos, os fatores climáticos que os determinam, sua importância, urgência e áreas mais afetadas (para mais detalhes, consulte a tabela de riscos de cada capítulo).

Sociedade, governança e desigualdade

Os principais riscos no âmbito da sociedade, governança, desigualdade e adaptação são: 1) risco de insegurança alimentar e má nutrição da população, especialmente de meninas e mulheres, por um clima adverso; 2) risco de perda dos meios de subsistência e outras perdas econômicas por eventos meteorológicos extremos, como inundações e 3) risco de migração de zonas rurais para urbanas, por perda dos meios de subsistência.

Principais riscos identificados	Fator climático determinante	Urgência	Extensão (Áreas mais afetadas)
Perda de vidas humanas e aumento do número de refugiados climáticos			
Danos econômicos, destruição de moradias e infraestrutura e perda de vidas humanas devido a deslizamentos de terra			
Inundações em assentamentos urbanos com planejamento deficiente			
Aumento da incidência de doenças transmitidas por vetores			
Estresse térmico sobre cultivos e o gado			
Diminuição das capturas de peixes devido a mudanças na produtividade marinha			
Má nutrição da população, especialmente de meninas e mulheres			
Perda de produtividade primária dos ecossistemas terrestres			
Mudanças na biodiversidade devido ao deslocamento de espécies			

Figura 5. Seleção e caracterização de alguns dos riscos identificados para os distintos sistemas e setores analisados. *(Continua na próxima página).*

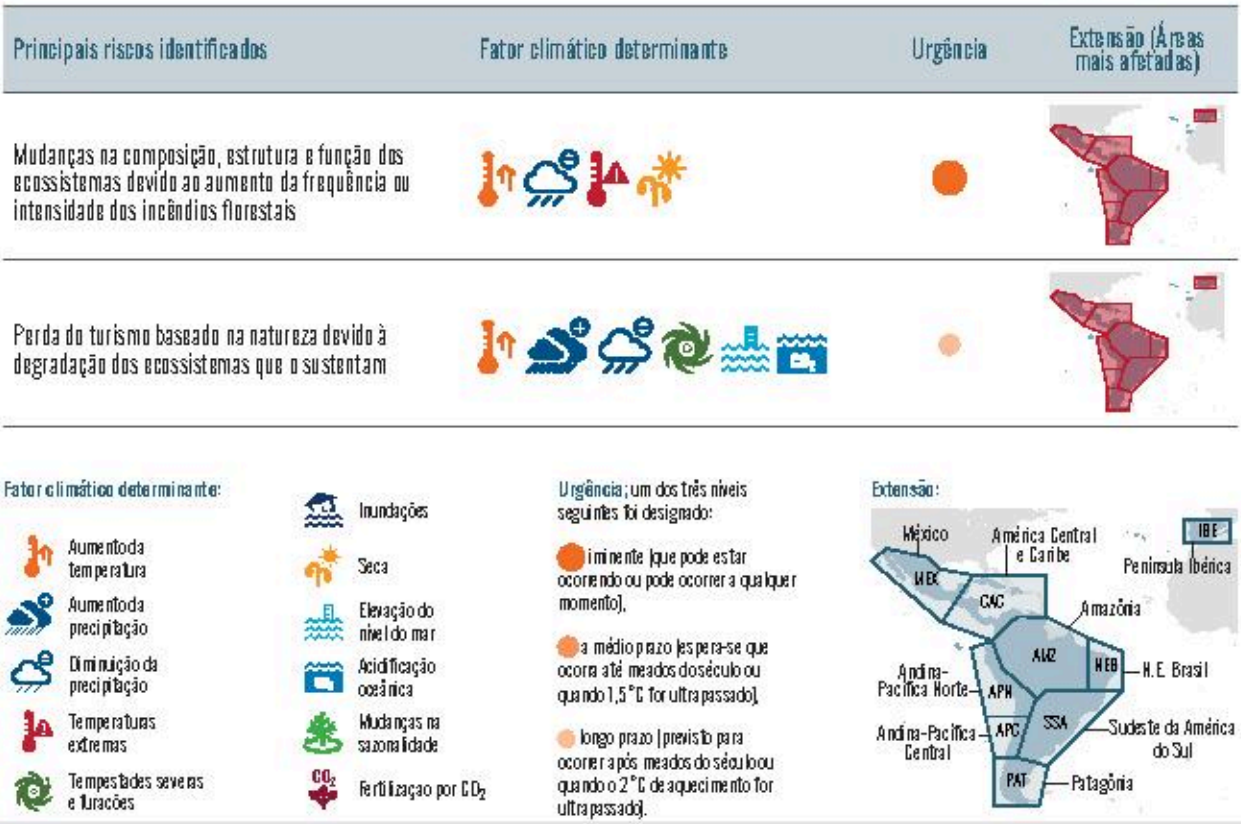


Figura 5. Seleção e caracterização de alguns dos riscos identificados para os distintos sistemas e setores analisados.
Fonte: elaboração própria. (*Continuação*).

Sistemas naturais

Entre os principais riscos dos ecossistemas terrestres e aquáticos continentais se encontram: **1**) risco de perda de produtividade primária em sistemas naturais e manejados por aumento na frequência e intensidade de eventos meteorológicos ou climáticos extremos, assim como por perda das condições de nicho climático das espécies; 2) risco de perdas de habitat nos ecossistemas e de deslocamento de seus limites entre sistemas adjacentes e 3) risco de instabilidade por perda de espécies e mudanças nos regimes de perturbação, em particular pelo fogo.

Entre os principais riscos dos ecossistemas marinhos e costeiros se encontram: **1**) risco de perda de biodiversidade local por emigração de espécies que perdem seu nicho ecológico; 2) risco de perda de ecossistemas críticos, como recifes de corais, prados de gramas marinhas ou florestas de macroalgas, como consequência do aumento da temperatura, acidificação e do nível do mar e 3) risco de perda de produtividade primária devido, fundamentalmente, ao aumento da temperatura.

Os principais riscos para a biodiversidade e para os ecossistemas dos países ibero-americanos incluem: **1**) risco de mudanças no bioma e deslocamentos de espécies; 2) risco de extinção de espécies e 3) risco de alterações nas taxas dos processos ecológicos. Tais riscos estão presentes em toda a região, seja em ecossistemas terrestres, aquáticos continentais ou marinhos, e impõem os consequentes riscos diretos e indiretos para a subsistência e o bem-estar do ser humano.

Os principais riscos associados aos recursos hídricos são: **1**) risco de redução de recursos hídricos nas áreas subtropicais das Américas do Norte e do Sul, Península Ibérica e nordeste do Brasil; 2) risco de mudanças na sazonalidade, particularmente em rios dependentes do gelo de altas montanhas e 3) risco de diminuição da qualidade da água devido a eventos pluviométricos extremos.

Sistemas manejados

Os principais riscos do setor agropecuário são: **1**) risco de perda de produtividade das lavouras e do gado devido ao estresse térmico causado pelo aumento das temperaturas médias e mínimas diárias (menor resfriamento noturno) e ondas de calor; 2) risco de perda de produtividade das lavouras e do gado devido ao estresse hídrico nas plantações e

sede do rebanho pela diminuição das chuvas ou pelo aumento dos dias de estiagem, ao qual se soma a concorrência com outros usos da água, podendo gerar restrições na disponibilidade deste recurso para a irrigação e o consumo animal; 3) risco de perda de safras devido ao aumento da incidência de pragas e doenças como resultado da tropicalização climática e 4) risco de deslocamento de safras e substituição por outras culturas devido à perda das condições climáticas.

Os principais riscos do setor pesqueiro são: 1) risco de mudança na composição das espécies nas zonas de pesca marinha como resultado da mudança de temperatura e afetando, consequentemente, o tipo de capturas; 2) risco de perda do potencial de pesca em consequência da redução da produtividade devido a mudanças fisiológicas das espécies; 3) risco de aumento de áreas hipóxicas devido à estratificação térmica e eutrofização; 4) risco de branqueamento de corais e falta de calcificação em outras espécies como consequência da acidificação do oceano e 5) risco de aumento de mortalidades massivas de plantas e animais devido a eventos extremos de temperatura.

Riscos por desastres de origem climática

Os principais riscos relacionados a furacões e tempestades incluem: (1) risco de perda de vidas humanas causadas pelo vento, ressacas e seus efeitos, bem como pelas inundações; (2) risco de perda de infraestrutura, bens, equipamentos, cultivos, gado e serviços essenciais à vida; (3) risco de morbidade e mortalidade pelo aumento de doenças como resultado de inundações e poluição das águas e (4) risco de agitação social.

Os principais riscos relacionados às inundações e secas são: 1) risco de perda de vidas humanas como resultado de inundações; 2) risco de perda de infraestrutura, bens e serviços devido a inundações; 3) risco de perda de safras e de gado devido à seca e 4) risco de insegurança alimentar como consequência de períodos de estiagem.

Os principais riscos relacionados à instabilidade ou deslizamentos de encostas são: 1) risco de perda de vidas e prejuízos econômicos devido à destruição de moradias e de outras edificações expostas, principalmente em assentamentos humanos precários e marginais, situados em encostas, de cidades grandes e médias; 2) risco de perda de vidas humanas, prejuízos econômicos e destruição de infraestrutura e de redes expostas de serviços públicos de água e esgoto em assentamentos humanos de diferentes escalas em cidades e pequenos povoados de zonas montanhosas; 3) risco de danos e destruição da infraestrutura e redes expostas de transporte, estradas, ferrovias, viadutos, polidutos, torres de energia em áreas montanhosas; 4) risco de deterioração de bacias hidrográficas devido à erosão e processos geodinâmicos não controlados em áreas rurais, perda de solo, impacto em ecossistemas, cultivos e outros meios de subsistência e 5) risco de perda de vidas e prejuízos econômicos e destruição de moradias e de outras edificações expostas em pequenos centros urbanos e assentamentos humanos em áreas rurais em zonas montanhosas.

Os principais riscos decorrentes do aumento da frequência ou intensidade dos incêndios florestais são: 1) risco de instabilidade dos ecossistemas, incluindo o surgimento de pontos críticos (que levam à não recuperação do ecossistema); 2) risco de perda de biodiversidade, de funções e serviços ambientais (ex.: diminuição da capacidade de armazenamento de carbono pela vegetação e pelo solo); 3) risco de perda de produtos florestais em bosques e plantações; 4) risco de perda de meios de subsistência de populações nativas em áreas de manejo tradicional com fogo; 5) risco de morbidade e mortalidade de pessoas que vivem em zonas expostas a incêndios, inclusive aquelas que vivem a certa distância, como consequência da exposição à fumaça e 6) risco de perda de bens e ativos na interface rural-urbana.

Outras áreas e setores-chave

Os principais riscos relacionados com os assentamentos rurais e urbanos são: 1) risco de inundação urbana devido a precipitações extremas combinadas com sistemas de drenagem deficientes e planejamento inadequado; 2) risco de estresse hídrico urbano devido à infraestrutura deficiente e ao aumento da demanda; 3) risco de morbidade e mortalidade em consequência de ondas de calor favorecidas pelo efeito de ilha de calor das cidades e 4) risco de erosão e invasão costeira em cidades com planejamento deficiente e alta demanda urbana, como é o caso de algumas áreas de turismo de praia.

Os principais riscos das mudanças climáticas no âmbito das áreas costeiras são: 1) risco de inundação costeira com a consequente perda de vidas e bens devido ao aumento do nível do mar, condições climáticas adversas como tempestades e ciclones e crescente urbanização da zona costeira; 2) risco de perda de operatividade das infraestruturas devido ao aumento contínuo do nível do mar e ao aumento da frequência de eventos extremos; 3) risco de erosão costeira causada pelo aumento do nível do mar, associado a mudanças locais nos regimes de vento e das correntes e 4) risco de perda de serviços ecossistêmicos pela perda de sistemas de mangues, corais ou dunas, fundamentais para reduzir o impacto das tempestades e dos ciclones.

Os principais riscos no setor do turismo são: 1) risco de mudança na sazonalidade em destinos de montanha, campo, lagos, cidade e ambientes ao ar livre devido ao aumento da temperatura e à diminuição dos índices de conforto climático nas estações habituais; 2) risco de perda do recurso turístico e fluxos para o destino devido à deterioração dos recursos (erosão de praias, perda de ecossistemas naturais, migração ou extinção de espécies emblemáticas para o turismo baseado na natureza, falta de neve); 3) risco de perda de fluxos para o destino devido ao aumento de eventos extremos (furacões, ondas de calor, secas, inundações); 4) risco de perda de fluxos devido à deterioração das condições higiênicas e

sanitárias pela falta de recursos hídricos ou pelo surgimento de doenças e 5) risco de perda de fluxos turísticos em virtude de mudanças favoráveis nas condições climáticas na origem dos mesmos.

Os principais riscos no âmbito da saúde são: 1) risco de morbidade e mortalidade em pessoas vulneráveis, como crianças, crescente população de idosos, indivíduos com doenças preexistentes, populações de baixa renda e trabalhadores ao ar livre, particularmente em zonas urbanas, como consequência de ondas de calor; 2) risco de morbidade e mortalidade por doenças transmitidas por vetores, devido ao deslocamento da distribuição de populações de mosquitos e mudanças nas condições climáticas resultantes, afetando a taxa de mordidas e de sobrevivência, encurtando ou prolongando o tempo de desenvolvimento dos agentes patógenos da malária, dengue, Zika, Chikungunya, leishmaniose e doença de Chagas, entre outras; 3) risco de morbidade e mortalidade pela poluição atmosférica causada por produtos de combustão e seus resultantes (zonas urbanas), incluindo a fumaça dos incêndios florestais (ambientes urbanos ou rurais) e 4) risco de morbidade e mortalidade pelo aumento de doenças infecciosas (cólera, febre tifoide, shigelose, hepatite, diarreias, giardíase, salmonelose, campylobacter, etc.) devido à água ou a alimentos contaminados.

F) Opções e ações de adaptação

Sociedade, governança e desigualdade

A resposta às mudanças climáticas, em particular diante de riscos graves, mais do que adaptativa tem que ser transformacional. Isto porque existem limites para a adaptação. Por adaptação transformacional se entende toda aquela baseada em mudanças profundas nas estruturas sociais A adaptação incremental e a transformacional não são concorrentes, mas sim complementares, uma vez que cada uma delas é necessária segundo a magnitude dos impactos.

A adaptação autônoma emerge principalmente em nível local e, muitas vezes, resulta da necessidade de responder às adversidades frente a uma institucionalidade governamental fraca ou inexistente. Em contextos de insegurança, as populações são forçadas a agir para diminuir os impactos das mudanças climáticas. Algumas das práticas realizadas são a diversificação dos meios de subsistência, maior eficiência no uso da água, substituição de cultivos, uso de sementes resistentes à seca, apoio às mães que são chefes de família, entre outras. A mudança nos papéis sociais também pode gerar conflitos sendo, portanto, necessário continuar reforçando a governança.

Sistemas naturais

A adaptação baseada em ecossistemas (AbE) provou ser uma estratégia eficiente para enfrentar os impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas terrestres. A AbE combina o uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos para a conservação, restauração e o manejo sustentável dos ecossistemas. Também facilita uma abordagem integral com ações em uma escala territorial principal (nível de bacia) para diminuir os efeitos adversos das mudanças climáticas nos ecossistemas terrestres da região.

As áreas naturais protegidas são fundamentais para garantir a persistência dos ecossistemas frente às mudanças climáticas. As medidas de adaptação dos ecossistemas terrestres devem incluir ações para reduzir outros estresses não climáticos, aumentando assim sua resiliência, bem como a manutenção da conectividade entre áreas distantes. Os planos nacionais de adaptação de vários países da RIOCC incluem medidas e programas de adaptação que consideram a conservação e a restauração de ecossistemas, tanto terrestres como aquáticos, incluindo medidas de AbE.

A implementação efetiva de estratégias de adaptação para combater os impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas requer uma compreensão clara de como estas mudanças influenciarão no funcionamento e distribuição futuros dos ecossistemas. A perda de conectividade entre fragmentos de ecossistemas nativos, a introdução de espécies invasoras, aliada a uma forte variabilidade climática, ameaçam as funções dos ecossistemas, bem como sua biodiversidade. A atual espiral de degradação ambiental esgota progressivamente os serviços dos ecossistemas e reduz sua capacidade de adaptação às mudanças climáticas.

Vários países ibero-americanos contam com exemplos de estratégias de adaptação às mudanças climáticas que incluem ferramentas e medidas de gestão para a recuperação de ecossistemas aquáticos, tais como rios e áreas úmidas, e de gestão para a recuperação de florestas. Existem casos de programas bem-sucedidos de conservação de bacias que incluem ações sobre a vegetação nativa, o manejo agroecológico de lavouras, rios e zonas úmidas, além de mecanismos de participação comunitária local. Também o reflorestamento em microbacias e algumas ações do programa Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD/REDD+) que, embora visando a mitigação, envolvem mecanismos de adaptação.

O manejo sustentável e integrado dos ambientes costeiros é um dos pilares da adaptação baseada em ecossistemas que permite potencializar suas funções e os serviços ecossistêmicos. A adaptação baseada em ecossistemas é uma prática comum em áreas marinhas e costeiras e é importante para o manejo de mangues, prados de gramas marinhas, recifes de corais e praias de areia. Estes ecossistemas têm a capacidade de natural de regular ou mitigar os impactos de, por exemplo, tempestades e inundações ou o efeito do aumento do nível do mar. O manejo sustentável dos ambientes costeiros (por exemplo, pesca e aquicultura) contribui com a adaptação baseada em ecossistemas para manter as funções e os serviços ecossistêmicos.

As áreas marinhas protegidas são um dos principais mecanismos de adaptação dos ecossistemas marinhos e costeiros. Em regiões protegidas para a conservação, conseguiu-se recuperar espécies, populações e funções ecossistêmicas através do uso regulamentado de organismos marinhos e costeiros. Os países da RIOCC têm uma proporção significativa de ecossistemas marinhos e costeiros sob alguma forma de proteção legal, embora em alguns casos a proteção não seja efetiva na prática. De qualquer forma, esta é uma boa prática para aumentar a adaptação nestes ecossistemas.

Entre as opções de adaptação nos ecossistemas marinhos e costeiros estão a restauração de ecossistemas fundamentais e o restabelecimento de espécies e populações em prol de aumentar a resiliência destes ecossistemas, seguindo uma adaptação baseada em ecossistemas (AbE). Em vários países da RIOCC existem projetos focados em restaurar ecossistemas alterados, de maneira que contribuam para a adaptação e mitigação das mudanças climáticas. Também existem projetos sustentáveis de pesca e aquicultura que poderiam levar à recuperação de serviços ecossistêmicos.

As opções de adaptação para a biodiversidade incluem: 1) soluções baseadas na natureza: o uso de elementos naturais para promover a sustentabilidade em áreas urbanas e rurais pode auxiliar na adaptação às mudanças climáticas; 2) adaptação baseada em ecossistemas: iniciativas locais na região, tanto urbanas quanto rurais, são iniciativas de adaptação baseadas em ecossistemas, que demonstram o valor da adaptação às mudanças climáticas; 3) redução do risco de desastres baseada em ecossistemas: ecossistemas (restauração de mangues, encostas, vegetação costeira, vegetação ribeirinha, etc.) estão sendo utilizados em toda a região para reduzir o risco de desastres impostos pelas mudanças climáticas.

Existe uma série de opções de políticas, inovações e ferramentas em toda a região para enfrentar os riscos e vulnerabilidades da biodiversidade às mudanças climáticas e também para promover o uso da biodiversidade e dos ecossistemas para fomentar a adaptação social. Isto inclui: 1) desenvolvimento ou implementação de instrumentos de monitoramento da biodiversidade para contribuir com as estratégias de adaptação e também para definir as prioridades das políticas de adaptação baseadas em ecossistemas; 2) redes de colaboração (redes científicas e políticas) para abordar soluções baseadas na natureza para combater as mudanças climáticas. 3) inclusão do planejamento da adaptação baseado na biodiversidade e em ecossistemas nos planos de adaptação nacionais e subnacionais.

Sistemas manejados

A principal ferramenta de adaptação sobre os recursos hídricos na maioria dos países da RIOCC consiste na elaboração de planos de adaptação em escalas nacionais, regionais e locais que incluem cenários climáticos futuros e medidas adaptativas para lidar com impactos potenciais. Estes planos incluem tanto a melhoria na provisão do recurso quanto em sua gestão para torná-lo mais eficiente e promover uma cultura de uso sustentável da água.

As ações de adaptação às mudanças climáticas no setor agrícola incluem: medidas preventivas de erosão do solo, agricultura climaticamente inteligente, que visa aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, reduzir os insumos e as emissões de gases de efeito estufa, sistemas de alerta climático precoce, mudança de zonas de plantio em resposta a mudanças no regime de chuvas, mudança de variedades e relocalização de cultivos, sistema de plantio direto para uma melhor conservação do solo e melhoria das variedades de pastagem e raças de gado.

As ações de adaptação planejadas para o setor de pesca e aquicultura, especialmente na América Latina e no Caribe, são escassas e principalmente se registram ações de adaptação autônoma. Nos países da RIOCC existe um amplo portfólio de políticas públicas sobre mudanças climáticas, tanto em termos de adaptação quanto de mitigação. Porém, apesar dos esforços dos governos, sua implementação prática no setor pesqueiro é incipiente.

A capacidade de adaptação no setor pesqueiro é limitada por alguns fatores de estresse de origem antropogênica relacionados com a globalização da pesca e, no caso dos países da RIOCC em desenvolvimento, com a carência de infraestruturas públicas, altos índices de doenças, poluição, pobreza, fraca governança e com a pesca excessiva. Por isto, as estratégias de adaptação ao clima devem enfatizar a necessidade de erradicação da pobreza e da insegurança alimentar nas comunidades pesqueiras.

As principais opções de adaptação no setor pesqueiro e da aquicultura são: cultivo de espécies com maior tolerância térmica, salina e à hipóxia, formulação de novos alimentos para espécies carnívoras que não utilizem peixes de baixo valor, cultivo de espécies herbívoras, planos de manejo adaptativo e com um foco ecossistêmico, monitoramento espacial e avaliação do estado dos recursos marinhos e da biodiversidade marinha, redução do descarte e da pesca incidental, análise de riscos em planos de gestão, adaptação da infraestrutura portuária, estabelecimento de sistemas de seguros para eventos climáticos extremos, promoção do consumo de espécies de peixes de baixo valor comercial, uso de materiais e equipamentos de pesca amigáveis, proteção de habitats críticos ou essenciais como mangues e estuários, melhoria dos sistemas de governança (cogestão) e diversificação dos meios de subsistência das populações dependentes da pesca.

Riscos por desastres de origem climática

A capacidade adaptativa na região diante de tempestades e furacões é, em sua maioria, baixa. Isto se deve à falta de sistemas robustos de alerta precoce, ao aumento da população em zonas de urbanização desordenada em áreas costeiras e montanhosas e ao desmatamento. Outros

fatores são: marginalidade e pobreza, debilidade e falta de coordenação institucionais, precária gestão de riscos, falta de cultura preventiva e preparação deficiente em tarefas de resgate, atraso científico e tecnológico em tarefas de monitoramento e previsão hidrometeorológica, falta de recursos humanos e tecnológicos e falta de uma cultura de cobertura de seguro contra os riscos.

Os planos de adaptação na região da RIOCC apresentam graus muito diferentes de desenvolvimento e implementação. Alguns mostram progressos quanto a sua formulação (embora não necessariamente em sua implementação) e muitos outros apresentam grandes deficiências e atrasos consideráveis.

As medidas de adaptação com relação a furacões e tempestades compreendem ações de diversos tipos, ou seja, baseadas em ecossistemas (adaptação verde), infraestrutura (adaptação dura) ou legalidade e informação/formação (adaptação leve). As principais medidas incluem: 1) preservar e restaurar ecossistemas costeiros (zonas úmidas, dunas, mangues e recifes de corais) para diminuir o impacto das marés ciclônicas; 2) recondicionar praias e melhorar a infraestrutura de proteção costeira; 3) elevar as defesas de construções e edifícios vulneráveis para reduzir os danos causados pelas inundações; 4) desenhar estruturas resistentes aos ventos fortes e aos detritos voadores; 5) estabelecer políticas que desencorajem a construção em áreas vulneráveis; 6) preparar-se antes da chegada de uma tempestade, cobrindo janelas e limpando as propriedades para eliminar potenciais detritos voadores e 7) ter um plano de evacuação.

As melhorias na gestão de riscos, tanto preventivas quanto reativas, com um suporte decisivo para o monitoramento e a previsão são essenciais. Estas medidas passam por implementar sistemas de alerta precoce e de gestão do risco. Estas devem incluir: 1) zoneamento das áreas expostas e seu grau de suscetibilidade e vulnerabilidade; 2) desenvolvimento de programas, canais e estratégias de comunicação (antes e depois dos eventos), através dos meios de comunicação de massa, redes sociais, redes comunitárias de telefonia celular e de rádio amador; 3) apropriação social dos planos de evacuação e de atendimento aos refugiados climáticos; 4) atualização das atividades locais e regionais de gerenciamento de risco e manter simulações de evacuação; 5) estabelecimento de programas permanentes de monitoramento hidrológico e atmosférico; 6) implantação de redes de radares meteorológicos para o monitoramento contínuo de tempestades e furacões e 7) manutenção de um programa de previsão hidrometeorológica de cheias de rios, zonas de inundação e de deslizamentos de terra.

A adaptação apresenta um elevado custo-benefício e deverá enfrentar os desafios tanto da variabilidade quanto da mudança climática. Portanto, os países da RIOCC devem acelerar a investigação científica relevante, disponibilizar os orçamentos adequados e fazer os arranjos institucionais necessários para implementar as tarefas de adaptação.

A melhoria da capacitação e da prevenção através da detenção do desmatamento e valorização de seus serviços são outras importantes medidas adaptativas. Concretamente, estas medidas incluem: 1) financiar a formação e capacitação científica em nível de pós-graduação em oceanografia, ciências atmosféricas, meteorologia, climatologia e hidrologia; 2) deter o desmatamento, desenvolver programas de reflorestamento e restauração ecológica incluindo florestas e outros biomas, mangues e recifes de corais e 3) aumentar o acesso ao pagamento por serviços ambientais como ferramenta econômica para deter o desmatamento e a degradação ambiental.

Embora as incertezas sobre as mudanças futuras na ocorrência de secas e inundações sejam grandes, os processos de adaptação devem ser desenvolvidos com base no melhor conhecimento científico disponível. Consequentemente, é necessário dispor de ferramentas para antecipar os eventos de inundação e de estiagem a médio e longo prazo.

Existe uma variedade de medidas de adaptação às mudanças climáticas de diversas escalas em termos de secas e inundações que já começaram a ser implementadas na Ibero-América. Estas incluem a melhoria da qualidade das previsões, dos sistemas de alerta precoce e dos serviços de informação climática, planos para a redução da vulnerabilidade e aumento da resiliência da população exposta e o desenvolvimento de infraestrutura estratégica, bem como de sistemas produtivos e de conservação e uso sustentável dos ecossistemas e seus serviços ambientais.

A efetividade da gestão do risco por instabilidade de encostas, ou da adaptação frente a este risco no contexto das mudanças climáticas, guarda muita relação com o uso de informação correta e da aplicação idônea de modelos que permitam um diagnóstico preciso e apropriado para a tomada de decisões. O uso de informação que não conduz a ações claras de intervenção leva a uma má adaptação. A avaliação apropriada da ameaça e do risco contribui para o planejamento adequado do ordenamento territorial, a realocação de assentamentos humanos expostos, a melhoria de bairros, o desenho e a construção de obras de estabilidade e controle da erosão e a implementação de medidas de prevenção estrutural e não-estrutural, de seguros coletivos e de sistemas de alerta de deslizamentos de terra, entre outros.

A intervenção da ameaça, a redução da vulnerabilidade e o aumento da resiliência são, ao mesmo tempo, objetivos da gestão do risco por instabilidade de encostas e da adaptação planejada. Entretanto, existem também exemplos de adaptação autônoma associados à forma como algumas comunidades implementaram medidas para evitar a instabilidade das encostas e sistemas de alerta comunitários eficientes, nos quais a população esteve adequadamente envolvida. No caso da instabilidade de encostas ou deslizamentos de terra, o risco e as ações para a gestão do risco e a adaptação são essencialmente locais.

Em diferentes partes dos Andes e outros locais montanhosos da região, as comunidades desenvolveram técnicas de

estabilidade e de terraplenagem com pedras e madeira, inclusive com bambu, que em alguns casos foram bem-sucedidas, mas também perecíveis, com posteriores inconvenientes quando perdem sua capacidade. Sistemas de rádio para comunicação entre locais de observação e populações expostas permitiram a implementação de sistemas de alerta simples com sirenes e até mesmo alto-falantes, acionados por contatos elétricos ou ruptura de fios que desempenham o papel de sensores. Sistemas de gestão do risco, com uma visão abrangente e não apenas associados com a preparação e resposta de emergências, mas também com o ordenamento territorial, o planejamento urbano, a transferência do risco, demonstraram-se eficientes na adaptação no caso da instabilidade de encostas e deslizamentos de terra.

Existem inúmeras iniciativas supranacionais, tanto na América Latina e no Caribe como na União Europeia, para a cooperação entre diferentes países da RIOCC ou com terceiros na gestão do risco de incêndios florestais. Em nível europeu se destaca o sistema *European Forest Fire Information System* da Comissão Europeia, que armazena estatísticas e fornece regularmente alertas de perigo. Na América Latina e no Caribe, destacam-se a Rede Latino-Americana de Teledetecção e Incêndios Florestais, da qual participam nove países da RIOCC, a Estratégia Mesoamericana de Sustentabilidade Ambiental (EMSA), da qual participam todos os países do México até a Colômbia, ambos incluídos, e cujo objetivo é desenvolver capacidades técnicas e políticas públicas na gestão de incêndios ou a Estratégia de Cooperação Internacional para o Manejo do Fogo (projeto TCP/RLA/3010/FAO, 2005) que estabeleceu as redes sub-regionais da América Central, América do Sul e do Caribe para a assistência mútua com o objetivo de fortalecer as capacidades dos países na prevenção, controle e combate aos incêndios florestais.

Em nível nacional, uma minoria de países estabeleceu planos de combate a incêndios, com infraestrutura básica para a coleta de dados estatísticos, alertas de perigo de incêndio e infraestrutura humana e física bem desenvolvidas para o combate ao fogo. Além disso, elaboraram seus planos de combate às mudanças climáticas, nos quais incluem especificamente os incêndios florestais. Neste sentido, destacam-se Espanha, Portugal, Brasil, Chile e México. Outros países como Equador, Colômbia e Paraguai têm esses planos de combate a incêndios e às mudanças climáticas avançados, em parte devido a respostas frente a eventos catastróficos. Por último, os planos e infraestruturas dos demais países estão menos desenvolvidos. De qualquer forma, a implementação de planos de adaptação, além do desenvolvimento legal, é incipiente.

Apesar dos onerosos investimentos em recursos humanos e da alta implementação técnica, as políticas de combate e supressão de incêndios que prevalecem na região não têm sido suficientemente eficazes. Embora a exclusão e a supressão possam diminuir a superfície queimada, como no caso da Espanha, em condições climáticas extremas estas políticas são ineficientes, especialmente em países com recursos limitados, como é o caso da maioria dos países latino-americanos com grandes territórios para administrar. Diante de condições meteorológicas mais severas como resultado das mudanças climáticas, é necessária uma revisão dos planos atuais e uma mudança no paradigma do fogo. Por outro lado, os esforços históricos de cooperação internacional para a América Latina, baseados principalmente na transferência de tecnologia e capacitação de bombeiros florestais, não estão necessariamente adaptados às condições socioambientais locais, podendo até mesmo colocar em risco as formas de vida das comunidades locais.

Alguns países, como o Brasil, desenvolveram localmente planos de manejo integral do fogo que incluem o uso de queimadas prescritas no final da estação chuvosa ou no início da estação seca, autorização de queimadas comunitárias, incorporação de conhecimento tradicional indígena e conformação de brigadas indígenas para o manejo do fogo, entre outras atividades. Estes planos representam uma redução efetiva da periculosidade das paisagens geridas com fogo, evitando a probabilidade de incêndios de grandes proporções. Venezuela e Bolívia também realizaram progressos significativos nesse sentido.

Outras áreas e setores-chave

No que diz respeito aos assentamentos humanos, muitos governos locais ainda não implementaram medidas de adaptação desde suas respectivas administrações, limitando-se na melhor das hipóteses a posições reativas ante eventuais desastres. Em outros casos, as medidas ainda são insuficientes em comparação com a dimensão dos impactos esperados. Por outro lado, em muitas ocasiões, não existe um acompanhamento adequado das ações realizadas.

As medidas mais urgentes no âmbito de assentamentos urbanos e rurais estão relacionadas com a implementação de sistemas de alerta precoce, planos de contingência, redes de abrigos, atendimento e realocação de população vulnerável, vigilância epidemiológica, inclusão da adaptação no ordenamento territorial e no desenho urbano, inclusão de gênero e de grupos prioritários nas ações adaptativas, melhoria e expansão da rede de drenagem pluvial e de outra infraestrutura hidráulica, incluindo a captação de água ou água reciclada.

As ações de adaptação em escala urbana são limitadas e o planejamento e a implementação destas ainda estão em curso ou em projeto, especialmente em assentamentos de tamanho médio ou pequeno, onde as capacidades e o financiamento são limitados. As medidas de adaptação são principalmente leves, embora sejam adicionadas algumas verdes e duras. A grande maioria são de natureza planejada, embora isso possa ser devido ao monitoramento limitado das medidas autônomas em escala local. Embora a adaptação planejada local tenha progredido, ainda existem diversos assuntos e desafios pendentes. Isto inclui a falta de conhecimento robusto sobre as experiências de adaptação não planejadas em cidades e povoados da região da RIOCC e,

portanto, sobre as melhores rotas para a interação e coordenação destas com as medidas de adaptação planejadas.

Existem planos e iniciativas em prol da adaptação em zonas marinhas e costeiras em todos os países da RIOCC, mas com escalas, alcances e níveis de implementação diversos. Em geral, a adaptação às mudanças climáticas nas áreas costeiras foi incorporada em planos ou estratégias de adaptação nacionais ou locais ou o componente de adaptação faz parte de planos de gestão costeira ou de gestão de risco. Apenas a Espanha possui uma estratégia de adaptação específica.

As opções de adaptação predominantes para as áreas costeiras atualmente na região são programadas. Estre elas: sociais, conduzindo à avaliação de riscos e vulnerabilidades; institucionais, visando melhorar sua capacidade institucional e a governança; informativas, levando à criação e gestão do conhecimento. Também foram implementadas medidas físicas, baseadas em soluções de engenharia (cinza) aplicadas em zonas de alta exposição e vulnerabilidade e baseadas em ecossistemas (verde).

Embora a maioria dos países ibero-americanos possuam estratégias ou planos de mudança climática, de forma geral, e exceto por alguns poucos países, o setor de turismo carece de planos específicos. As medidas adaptativas previstas para este setor se encontram em fase de implementação ou definição em outros programas setoriais nos quais o turismo está incluído.

Algumas medidas implantadas no setor turístico com valor adaptativo compreendem: potencialização de segmentos turísticos alternativos ao turismo tradicional (ex.: gastronômico, esportivo, cultural, lazer, rural), desenvolvimento de outras opções econômicas para a população (agricultura, pesca), implantação de planos de prevenção e emergências, com planos de alerta precoce, cartografia de zonas de risco e vulneráveis, calendários para a prática de atividades recreativas seguras ao ar livre, planos de restauração ecológica, conservação do solo, florestamento e reflorestamento, gestão comunitária dos recursos naturais, infraestrutura verde em hotéis e praias (árvores de sombra, jardins urbanos, entre outros), criação de fóruns para a tomada de decisões.

As opções de adaptação no setor turístico devem ser desenhadas para promover o desenvolvimento humano e a redução da pobreza nos destinos, com a finalidade de tornar as comunidades mais resilientes e aumentar a gestão do risco de desastres e a gestão sustentável dos recursos naturais, incluindo a conservação dos ecossistemas e suas espécies. O planejamento do uso do solo e a adoção de opções tecnológicas para a construção de infraestrutura, incluindo o uso de medidas baseadas em ecossistemas, também devem ser incluídos como processos centrais.

Os rótulos ecológicos e os certificados ambientais são especialmente importantes para os destinos baseados na natureza, tais como "*Ecolabel*" ou *"Biosphere Destination"* de turismo responsável. Estes estão sendo incorporados como ferramentas eficazes na tomada de decisões para a proteção do meio ambiente e para a luta contra as mudanças climáticas.

No âmbito da saúde, as medidas de adaptação às ondas de calor devem ser direcionadas para proteger os indivíduos vulneráveis através de sistemas de alerta precoce que forneçam informações em nível populacional e conscientizem sobre as medidas de proteção em nível individual e familiar, juntamente com serviços de saúde preparados para identificar e atender as pessoas que necessitem serviços de emergência.

Entre as medidas de adaptação à transmissão de doenças se encontram a comunicação de riscos para evitar a presença de mosquitos em nível doméstico, bem como para se proteger contra suas picadas. Além disso, deve ser mantida uma vigilância entomológica para detectar as dinâmicas dos vetores. Em casos de surtos epidêmicos haverá necessidade de pulverização de praguicidas.

A comunicação dos riscos relacionados com a poluição atmosférica é uma ferramenta para proteger a saúde da população vulnerável, como aquelas pessoas com problemas respiratórios crônicos e que sofrem de alergias.

A forma de enfrentar a insegurança alimentar é através da adoção de melhores práticas de manejo agrícola. A biodiversidade agrícola, como uma estratégia de produção, poderia apoiar a adaptação às pressões ambientais como salinização, secas e inundações; bem como a implementação de programas e políticas para a promoção da agricultura e da pesca sustentáveis.

No âmbito da saúde, os sistemas de alerta precoce são uma parte fundamental da adaptação às mudanças climáticas para o atendimento das populações expostas a eventos hidrometeorológicos extremos. Portanto, os esforços nestes sistemas devem ser fortalecidos para proteger as populações vulneráveis em termos de manejo dos sistemas de informação integrada e da comunicação de riscos que forneçam alertas oportunos e que promovam a ação, contar com pessoal capacitado e equipado e uma infraestrutura para o manejo dos evacuados, bem como para o atendimento a médio e longo prazo da população deslocada.

G) Exemplos de experiências úteis para a adaptação

Os capítulos deste relatório contêm uma série de estudos de casos com os quais se demonstra a capacidade de implementar várias ações de valor adaptativo, desde o nível local até o nacional, e de diferentes tipos (planejadas ou autônomas, leves ou duras, etc.). A **Figura 6** lista alguns exemplos ilustrativos da diversidade de estudos de casos selecionados. A seguir são resumidas as principais experiências dos distintos setores e sistemas analisados.

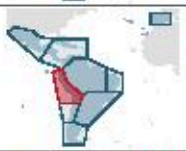
Título do Estudo de Caso	País/es	Região/Regiões	Fator climático determinante	Escopo geográfico	Tipos de adaptação	Aplicabilidade
Criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Brasil	Brasil			Nacional		Nacional
Gestão integral do risco em Manizales, Colômbia	Colômbia			Municipal/ local		Municipal/local
Risco em troca de risco em La Pintada, Guerrero, México	México			Municipal/ local		Municipal/local
Atlas Nacional de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas (ANVCC) do México	México			Nacional		Nacional
Adaptação dos cafeicultores no México e no Peru ao aparecimento da ferrugem do café associado às mudanças climáticas: seleção de plantas matrizes resistentes à ferrugem	México e Peru			Local		Subnacional
Seleção de germoplasma de banana adaptado no Nordeste da Argentina	Argentina			Local		Subnacional
Adaptação autônoma à variabilidade climática da pesca de vieira (*Argopecten purpuratus*) no Peru	Peru			Local		Nacional
Avaliação do risco futuro e manejo florestal após os incêndios de Alvares (Portugal)	Portugal			Local		Nacional, subnacional
Manejo integral do Fogo em Terras Indígenas do Brasil: A experiência do Centro Especializado Prevfogo	Brasil			Subnacional		Supranacional, nacional, subnacional
Transversalização da perspectiva de gênero nas políticas de mudanças climáticas no México	México			Nacional		Supranacional, nacional

Figura 6. Seleção e caracterização de alguns estudos de casos de ações com valor adaptativo entre as apresentadas nos capítulos do relatório.
(Continua na próxima página)

Título do Estudo de Caso	País/es	Região/Regiões	Fator climático determinante	Escopo geográfico	Tipos de adaptação	Aplicabilidade
Doenças transmitidas por vetores - Desafios e opções de adaptação na Bolívia com ênfase na região do Chaco	Bolívia			Subnacional		Regional
Estratégias desenvolvidas no âmbito do programa 100 Cidades Resilientes	Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Espanha, México, Panamá, Portugal, República Dominicana, Uruguai			Municipal/ local		Municipal/local, subnacional, nacional, supranacional
Restauração do rio Órbigo como medida de adaptação baseada em ecossistemas	Espanha			Subnacional		Subnacional
Definição de municípios prioritários para a conservação	Brasil		Múltiplos	Nacional		Supranacional, nacional, subnacional
Turismo de natureza nas Ilhas Galápagos, Equador	Equador			Local		Subnacional



Figura 6. Seleção e caracterização de alguns estudos de casos de ações com valor adaptativo entre as apresentadas nos capítulos do relatório. Fonte: elaboração própria. (*Continuação*).

Sociedade, governança e desigualdade

Sociedade, governança, desigualdade e adaptação: 1) Índice de Utilidade de Práticas de Adaptação (IUPA); 2) Impactos das inundações e secas nos meios de subsistência do grupo indígena Cocama (Peru) e 3) Transversalização da perspectiva de gênero nas políticas de mudanças climáticas no México.

Sistemas naturais

Ecossistemas terrestres e aquáticos continentais: 1) Restauração da planície de inundação do rio Órbigo (Espanha) e 2) Cenários participativos para a gestão sustentável das florestas no México.

Ecossistemas marinhos e costeiros: 1) Aumento da resiliência na costa com base na vegetação nativa do Uruguai e 2) Restauração de mangues com base comunitária na Baixa Califórnia, México.

Biodiversidade: 1) Ecologização das cidades: avaliação dos serviços florestais urbanos em Barcelona; 2) Monitoramento de ecossistemas sentinelas: monitoramento de zonas úmidas andinas na Bolívia; 3) Uso de *Agave spp*. no México: resiliência e incertezas; 4) Potencial de adaptação do sistema de conservação da biodiversidade em Cuba; 5) Definição de municípios prioritários para a adaptação baseada em ecossistemas no Brasil; 6) Integração da conservação e do bem-estar humano para mitigar e se adaptar às mudanças climáticas: o caso da Reserva da Biosfera do Cabo de Hornos no sul do Chile e 7) Preenchimento das lacunas de conhecimento: colaboração científica entre países ibero-americanos.

Sistemas manejados

Recursos hídricos: 1) Combinação de sistemas de apoio à decisão e workshops participativos para a elaboração de medidas de adaptação na demarcação hidrográfica do rio Júcar (Espanha); 2) Eletricidade para uso de água subterrânea no México: oportunidades e limitações para a resposta de adaptação às mudanças climáticas; 3) Plano Nacional de Segurança Hídrica do Panamá; 4) Energia fotovoltaica para extração de água para bebedouros de camelídeos no município de Turco, na Bolívia; 5) Adaptação à variabilidade e às mudanças climáticas através da captação e armazenamento de água da chuva na cooperativa Chortitzer no Chaco Central, no Paraguai; 6) Mudanças na operação do sistema Cantareira para enfrentar as crises hídricas na Região Metropolitana de São Paulo, no Brasil e 7) Desenvolvimento de infraestrutura resiliente aos impactos das mudanças climáticas no abastecimento de água potável na cidade de Santiago do Chile.

Setor agropecuário: 1) Análise comparativa das consequências do avanço da fronteira agropecuária na Argentina e no Brasil; 2) Seleção de germoplasma de banana adaptado no nordeste da Argentina; 3) Adaptação dos cafeicultores no México e no Peru ao aparecimento da ferrugem do café associado às mudanças climáticas, através da seleção de plantas matrizes resistentes à ferrugem; 4) Alteração da data de plantio para o aproveitamento da umidade na zona central do México e 5) Controle da degradação e desertificação com inovações agroflorestais na Amazônia peruana.

Setor pesqueiro: 1) Adaptação autônoma à variabilidade climática relacionada com o efeito *El Niño* da pesca de frutos do mar (vieira) no Peru, com deslocamentos para novas zonas e gestão dos viveiros através da implementação de fazendas marinhas ou áreas de repovoamento; 2) Adaptação social das mulheres na cultura da coleta de frutos do mar na Galícia (Espanha), através de controle e autogestão das capturas, bem como de programas de capacitação e 3) Adaptação autônoma pela comunidade de pescadores artesanais de El Ñuro (Piura, Peru) diante da redução da captura de espécies de alto valor comercial devido à variabilidade climática e à pesca excessiva. Com base em sua forte organização, desenvolveram o turismo de observação de tartarugas, o que diversificou a ocupação, reduzindo o esforço da pesca e levando a uma melhoria da renda na comunidade.

Riscos por desastres de origem climática

Tempestades e furacões: 1) Criação de um atlas nacional de vulnerabilidade às mudanças climáticas do México; 2) Implementação do "Fundo de Adaptação" na Colômbia em resposta aos impactos do fenômeno *La Niña* 2010-11; 3) Criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) no Brasil, em resposta aos impactos de tempestades intensas na região do Rio de Janeiro e em todo o país e 4) Sistema cubano de proteção contra furacões e ciclones tropicais.

Inundações e secas: 1) Desenvolvimento de planos integrados contra as mudanças climáticas, como o do Departamento de Chocó (Colômbia); 2) Alterações nas regras de operação das barragens diante de condições de seca, como o caso do Rio São Francisco (Brasil) e 3) Adaptação a inundações e secas em uma área rural sujeita à variabilidade climática, como o nordeste da Argentina.

Instabilidade de encostas: 1) Gestão integral do risco em Manizales, Colômbia; 2) Planejamento urbano em Vargas, Venezuela; 3) Risco em troca de risco em La Pintada, Guerrero, México e 4) Catarse e fortalecimento institucional no Rio de Janeiro, Brasil.

Incêndios florestais: 1) Avaliação do risco futuro e desenhos da paisagem que maximizem o aproveitamento florestal e, ao mesmo tempo, diminuam a periculosidade na área central de Portugal afetada pelo evento catastrófico de junho de 2017; 2) Revisão da gestão pública do risco de incêndio como consequência de eventos catastróficos a fim de evitar no futuro eventos de características similares; 3) Gestão comunitária do fogo na floresta seca de Chiquitano e na Amazônia boliviana; 4) Manejo integral do fogo em terras indígenas do Brasil e 5) Integração da sabedoria indígena e dos conhecimentos técnico-científicos na gestão do Parque Nacional de Canaima na Venezuela.

Outras áreas e setores-chave

Assentamentos urbanos e rurais: 1) Desenvolvimento de estratégias de cidades resilientes, através da criação de escritórios municipais e programas específicos de resiliência urbana; 2) Plano de contingência em nível de bairro para lidar com as inundações em um contexto de desenvolvimento urbano informal e desordenado; 3) Gestão do risco de inundação de forma institucionalizada, através da integração de vários agentes em nível local e de bacia; 4) Aumento da segurança hídrica em zonas urbanas pobres, sem abastecimento adequado, através do financiamento de sistemas de

captação de água da chuva promovido pelo governo de uma grande cidade e 5) Da adaptação autônoma à adaptação planejada em nível local para reduzir o risco de desastres por deslizamento de encostas.

Zonas costeiras: 1) Programa de cidades emergentes e sustentáveis, destinado a elaborar planos de sustentabilidade urbana, dado o excepcional ritmo de urbanização da região, em grande parte da zona costeira; 2) Seguro para o recife de corais mesoamericano, para poder lidar com os custos causados pelos furacões em função da perda dos benefícios proporcionados por esses sistemas naturais e 3) Estratégia espanhola de adaptação às mudanças climáticas, principal instrumento para enfrentar os impactos das mudanças climáticas no litoral da Espanha.

Turismo: 1) Alternativas ao turismo de neve em cenários de redução da precipitação e 2) Limites do turismo de natureza: o exemplo das Ilhas Galápagos.

Saúde: 1) Doenças transmitidas por vetores - desafios da avaliação da vulnerabilidade diante de mudanças nas condições climáticas na região do Chaco, na Bolívia; 2) Avaliação do plano de ações preventivas sobre o excesso de temperatura na saúde, do Ministério da Saúde da Espanha; 3) Aumento de resiliência às inundações através de ações formativas em Veracruz, no México; 4) Sistema de alerta de aeroalérgenos em Madri, na Espanha e 5) Gestão do risco de insegurança alimentar em função da estiagem no Corredor Seco da América Central.

H) Barreiras e oportunidades da adaptação

Sociedade, governança e desigualdade

O conhecimento dos impactos das mudanças climáticas sobre os aspectos sociais é deficiente. É comum aos países da RIOCC que os estudos de impacto, vulnerabilidade e adaptação deem preferência aos aspectos biofísicos, de infraestrutura ou ecossistêmicos, que aos aspectos sociais. Isto representa um reducionismo da realidade que deve ser tratado.

O desenho e a implantação das ações de adaptação precisam de um tratamento diferenciado em relação à pobreza, aos povos originários e por gênero. Embora a adaptação planejada tenha aumentado nos países da RIOCC nos últimos anos, especialmente em nível nacional e setorial, a inclusão dos grupos vulneráveis continua sendo deficiente e variável entre os diferentes países.

Uma das principais lacunas expostas neste relatório é a falta de informação. Portanto, é necessário avançar na geração de dados, avaliações, estudos e na documentação e sistematização dos mesmos, que sejam de boa qualidade, estejam disponíveis oportunamente e sejam gerados periodicamente. Faltam indicadores e índices para avaliar a eficácia das ações de adaptação relacionadas aos aspectos sociais e de governança, o que impede determinar a eficácia das políticas e priorizar as ações futuras.

Um aspecto crucial da governança é a participação conjunta de todos os agentes relacionados com as mudanças climáticas, especialmente governos e comunidades locais, além de organizações da sociedade civil e científica. A participação das comunidades em nível local é fundamental, uma vez que tanto a vulnerabilidade quanto a adaptação dependem do contexto e são essas comunidades que estão na linha de frente recebendo os impactos e respondendo a eles. É necessário um apoio mais sólido para as comunidades locais, fazendo com que os sistemas de governança permitam que elas tenham um papel mais relevante na tomada de decisões.

Sistemas naturais

Entre os obstáculos para o progresso da adaptação dos ecossistemas terrestres e aquáticos continentais às mudanças climáticas está a falta de compromissos de longo prazo e de recursos financeiros estáveis diante das mudanças governamentais. Além disso, o conhecimento atual de muitos deles ou de determinadas regiões é heterogêneo. É necessário um conhecimento científico maior sobre este assunto e também sobre como gerir tais ecossistemas para favorecer sua adaptação às mudanças climáticas e aos múltiplos estresses antrópicos as quais estão submetidos.

Os planos nacionais de adaptação têm progredido na estratégia de adaptação às mudanças climáticas, mas ainda não refletem a vulnerabilidade integrada dos ecossistemas e das populações a eles associadas. A coordenação das administrações e o avanço na gestão adaptativa do manejo dos ecossistemas ainda é pouco significativo. A adaptação às mudanças climáticas exige o reconhecimento de uma forma integral dos serviços ambientais que os ecossistemas prestam, incluindo a redução do risco de desastres, ao conjunto de atividades produtivas.

O conhecimento deficiente dos serviços prestados pelos ecossistemas marinhos é uma barreira para a adoção de medidas ambiciosas para sua preservação e manutenção em um contexto de ameaças crescentes em função das mudanças climáticas. A concorrência entre os agentes por seu uso pode apenas ser resolvida se são adequadamente conhecidos os impactos negativos de cada ação de curto e médio prazo.

Em todos os países da RIOCC foram criadas áreas marinhas protegidas, em alguns casos de grande extensão. Porém, na maioria delas, a governança é extremamente fraca ou inexistente. Alguns países lançaram iniciativas para melhorar a administração das zonas marinhas e costeiras. Isto é crítico em virtude dos múltiplos interesses envolvidos nestas áreas.

A falta de monitoramento do sistema marinho e costeiro é também um impedimento para poder agir consequentemen-

te antes que os impactos atinjam pontos de não retorno. É necessário desenvolver uma densa rede de dados de diferentes parâmetros físicos, químicos, biológicos e socioeconômicos para poder planejar de maneira coerente. Existe também uma falta de especialistas e profissionais, cuja formação deve ser uma prioridade.

A falta de capacidade local para desenhar e implementar práticas e políticas de adaptação baseadas em ecossistemas é um grande obstáculo para a adaptação. Adicionalmente, as políticas continuam sendo elaboradas e implementadas predominantemente de maneira setorial e a adaptação às mudanças climáticas requer, muitas vezes, políticas que integrem componentes sociais, econômicos e ecológicos. Por outro lado, a ausência de informação científica sobre o uso da biodiversidade e dos ecossistemas para a adaptação às mudanças climáticas ou as dificuldades no diálogo entre ciência e política constituem também uma barreira para a adaptação.

As soluções baseadas na natureza, tais como adaptação e mitigação das mudanças climáticas baseadas em ecossistemas e redução de riscos de desastres baseada em ecossistemas surgem como boas oportunidades para os países ibero-americanos. O sucesso depende do contexto e pode desencadear transições de sustentabilidade, particularmente nos países em desenvolvimento. Por exemplo, a conservação e restauração de ecossistemas naturais tendem a promover a sinergia entre mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável. No entanto, também foram relatadas contrapartidas, por exemplo, entre valores de sequestro de carbono e de biodiversidade, meios de subsistência local e segurança na posse de terras.

Sistemas manejados

Existem barreiras, oportunidades e desafios para alcançar uma adequada adaptação aos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos. Um obstáculo importante é a ausência, em muitos casos, de informação na escala apropriada para poder elaborar medidas de adaptação. Outra barreira são os incentivos mal direcionados no que diz respeito à relação água, energia e alimentos podendo gerar más adaptações. O uso de ferramentas para a tomada de decisões permite avaliar os benefícios e custos associados à implementação de medidas de adaptação. O planejamento e a colaboração em todos os níveis (comunidade, bacia e país) é a chave para definir estratégias bem-sucedidas.

Uma das principais barreiras à adaptação no setor agropecuário é a elevada proporção de população pobre, com baixa escolaridade e capacidade, que não pode responder temporalmente e de forma adequada aos impactos do clima, nem concorrer com a agricultura empresarial ao ocupar terras pouco apropriadas para a lavoura em larga escala.

Existem oportunidades no setor agropecuário porque muitas medidas de adaptação apresentam claros cobenefícios com a mitigação das mudanças climáticas ou com a prevenção da degradação das terras e da desertificação. Isso ocorre muitas vezes porque as medidas que protegem os solos frequentemente aumentam suas reservas de carbono ou diminuem as taxas de erosão.

Outras medidas de adaptação não seguem essa direção e geram efeitos adversos importantes. Um exemplo claro são as mudanças no uso da terra devido ao avanço nas áreas de cultivo que geraram perdas de biodiversidade e de reservatórios de carbono em pastagens ou florestas, novas pragas e doenças ou resistência a elas, além de desequilíbrios hidrológicos significativos. Se não for dada a devida atenção a esses efeitos adversos, os impactos negativos podem exceder os eventuais benefícios buscados e, em alguns casos, até aparentemente obtidos.

Está ocorrendo uma perda de conhecimento nativo, na forma de tradições transmitidas entre gerações, como consequência da migração e integração nos mercados, o que torna as populações mais vulneráveis a certos extremos meteorológicos ou climáticos. A perda de práticas de diversificação de cultivos que eram utilizadas em algumas áreas, como nos Andes peruanos, para suprimir explosões de pragas e atenuar a transmissão de patógenos, seria um exemplo desta situação.

A pesca e a aquicultura, na maioria dos países da região, não têm recebido a mesma atenção que outros setores produtivos. E isto apesar de que já se observam os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade do setor. As projeções realizadas mostram um cenário crítico para alguns países e um alto risco para as comunidades que dependem do setor.

As maiores barreiras à adaptação na pesca e aquicultura residem em: 1) falta de vontade política real; 2) falta de recursos econômicos, humanos e tecnológicos adequados; 3) escasso orçamento para investigações científicas relevantes que possam servir de base para a definição das políticas; 4) falta de informação sobre custos e benefícios e 5) limitações institucionais.

Riscos por desastres de origem climática

O desmatamento das bacias hidrográficas vai contra a eficácia dos planos de adaptação frente a tempestades e furacões. É preciso deter o desmatamento nos países da RIOCC ameaçados por estes fenômenos meteorológicos.

Existe uma elevada fragilidade na governança e nas instituições relacionadas à adaptação a tempestades e furacões. O seu fortalecimento requer implementar e avaliar mudanças institucionais e aprofundar a democracia participativa que a ação climática necessita.

Entre as oportunidades para a adaptação no âmbito das tempestades e furacões se encontra o Pacto Verde Europeu, a Estratégia de Adaptação da União Europeia, sua plataforma *Climate-ADAPT* e a existência de planos em todos os países da RIOCC. Da mesma forma, os planos de adaptação em

relação a tempestades e furacões apresentam cobenefícios ao favorecer o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Existem obstáculos institucionais, regulatórios, administrativos, econômicos e sociais que impõem atrasos na implementação de algumas das medidas de adaptação às secas e inundações. Em consequência, para acelerar o processo de adaptação, os países precisarão melhorar suas capacidades de planejamento e resposta, bem como a gestão de catástrofes e seguros.

Outros obstáculos são o conhecimento limitado da variabilidade climática e as incertezas sobre o clima futuro no que diz respeito aos extremos climáticos que levam a inundações ou secas. Por outro lado, a conscientização é insuficiente, tanto entre os agentes políticos quanto da população em geral, resultando na falta de regulamentações e uma comunicação frequentemente escassa sobre as necessidades de adaptação.

Uma visão fragmentada da problemática do risco devido à instabilidade de encostas (deslizamentos) é inconveniente e contribui para a falta de eficácia.

O uso de resultados de modelos inadequados de avaliação de ameaças e riscos de instabilidade de encostas (deslizamentos) leva a uma má adaptação ou não incentiva ações claras de intervenção.

Os sistemas nacionais, subnacionais e locais (urbano e comunitário) de gestão integral do risco de desastres são, no caso da instabilidade de encostas (deslizamentos), uma figura interinstitucional ou multissetorial que facilita a adaptação.

A redução do risco de incêndios florestais exige uma mudança de paradigma nas políticas nacionais de gestão do fogo. Até agora, a política dominante continua sendo o combate e a supressão do fogo. No entanto, reduzir a área queimada que resulta da extinção dos incêndios pode ser negativo para alguns ecossistemas, ao permitir um acúmulo de material combustível que queimará quando as condições meteorológicas sejam particularmente adversas. Em um contexto de aumento do perigo meteorológico devido às mudanças climáticas, uma nova política de manejo do fogo exigirá um planejamento que considere e minimize todos os riscos humanos, ecológicos e físicos implícitos aos incêndios, e não apenas a área afetada.

Desenvolver uma nova visão e gestão integral do fogo requer uma coordenação de todos os setores envolvidos e afetados pelo fogo, ao invés de apenas combatê-lo. Requer a inclusão de múltiplas perspectivas, agentes e o resgate de conhecimentos e práticas adaptativas das culturas indígenas e das comunidades que habitam os territórios rurais. Além disso, requer também a articulação de esforços entre todos os níveis do Estado e setores da sociedade civil, resultando em políticas públicas coerentes com uma visão integral e adaptativa na gestão do território para construir paisagens mais resilientes, bem como uma população mais informada e formada sobre o papel do fogo.

Outras áreas e setores-chave

Nos ambientes urbanos ou rurais, o agravamento esperado dos impactos das mudanças climáticas exige que se avance para uma transição sistêmica baseada em ações cada vez mais rápidas e eficientes, que aproveitem ao máximo as sinergias positivas e os cobenefícios existentes. Tal transição dependerá do conhecimento disponível, da interação da ciência com o processo de tomada de decisões e da prática concreta dos agentes sociais, institucionais e privados.

A informalidade e a desigualdade que prevalecem em muitas cidades, a falta de capacidades locais e a fraca coordenação entre os agentes, tanto governamentais quanto não governamentais, são aspectos que costumam restringir o progresso da agenda climática, particularmente a de adaptação. Soma-se a isto uma insuficiência na produção de dados e de modelos robustos e consistentes em escala local, especialmente no caso de pequenos assentamentos. Verifica-se um acesso limitado a financiamentos, créditos e investimentos para ações de adaptação de médio e longo prazo.

Com a finalidade de garantir rotas mais bem-sucedidas de transição sistêmica para a adaptação em ambientes urbanos e rurais, não é apenas desejável reverter as limitações acima mencionadas, mas também equilibrar e planejar as sinergias, cobenefícios e potenciais contrapartidas entre mitigação e adaptação. Isso também deve ser feito com outras ações emanadas da agenda de desenvolvimento, em geral, e das agendas internacionais paralelas à agenda climática, especificamente a agenda de resiliência frente ao risco de desastres ou de desenvolvimento sustentável, entre outras.

As principais barreiras para a implementação de processos de adaptação ao clima futuro nas zonas costeiras dos países da América Latina se devem a deficiências em várias áreas como atitude e comportamento social, conhecimento, educação e capital humano, financiamento, governança, instituições e políticas, juntamente com uma baixa capacidade adaptativa e de desenvolvimento.

Especificamente, destacam-se como barreiras à adaptação nas áreas costeiras: 1) recursos financeiros insuficientes; 2) recursos humanos limitados e falta de capacitação; 3) ausência de políticas adequadas; 4) conscientização insuficiente da cidadania sobre as mudanças climáticas e o risco de desastres; 5) coordenação e colaboração pobres entre as instituições competentes (caos de competências); 6) dificuldade de acesso e falta de disponibilidade de informação verídica, completa e acessível.

Em muitos países da Ibero-América é necessário reformular o modelo turístico atual de tal forma que a operação, a geração de infraestrutura e os investimentos sejam inteligentes do ponto de vista climático, ou seja, que sejam levadas em conta as capacidades dos destinos e a resiliência das comu-

nidades e dos ecossistemas frente às mudanças climáticas. Recomenda-se também a promoção de políticas que gerem incentivos financeiros, que incluam seguros, bônus de catástrofe, programas para a adoção de tecnologias limpas para operações turísticas e uso sustentável do recurso hídrico.

A compreensão dos riscos do setor turístico é muito limitada. A escassa atenção dada ao turismo nos estudos sobre os impactos das mudanças climáticas e a presença limitada do setor turístico nos planos de adaptação de boa parte dos países da RIOCC são um freio para a implantação de medidas adaptativas. Soma-se a isto uma percepção do risco insuficiente, além de perceber as mudanças climáticas no setor turístico como um risco a médio prazo, com um elevado grau de incerteza.

Existe também uma escassa integração da adaptação às mudanças climáticas na normativa e política setorial do turismo (planejamento de recursos hídricos, ordenação de zonas costeiras, conservação e uso sustentável da biodiversidade, saúde, etc.) e, por sua vez, escassa consideração do turismo nas políticas de apoio, normas e regulamentações em assuntos específicos de mudanças climáticas.

As oportunidades para o setor turístico passam pela conservação e manutenção de alguns dos recursos turísticos mais ligados à natureza e seu valor para a mitigação (manutenção e conservação de florestas ou prados marinhos), conservação da biodiversidade (zonas úmidas, numerosas espécies marinhas ou terrestres que são objeto de ecoturismo) e a redução do risco de desastres (mangues, recifes de corais).

Existe uma falta de capacitação técnica e de recursos humanos e financeiros nos Ministérios da Saúde face à adaptação às mudanças climáticas. Por outro lado, considerando a interação deste setor com outros setores, existe uma carência de dados relevantes para implementar medidas de adaptação integrais. Existe também falta de um trabalho interdisciplinar e intersetorial na implantação de medidas de adaptação no âmbito da saúde.

A adaptação no setor da saúde e a mitigação devem estar inter-relacionadas. A redução dos gases de efeito estufa resulta na diminuição da poluição atmosférica, o que traz benefícios para a saúde. A valorização destes cobenefícios é uma oportunidade para a implantação de políticas locais de redução de emissões.

I) Necessidades futuras para avançar na adaptação

Sociedade, governança e desigualdade

É necessário integrar o conhecimento científico com o local e o tradicional, a fim de permitir uma melhor compreensão da realidade nos diferentes contextos, que favoreça a melhor governança. A complexidade e os altos níveis de incerteza associados às mudanças climáticas dificultam que qualquer agente possa por si só lidar com os impactos deste fenômeno.

É necessário favorecer e tornar mais transversal o combate contra às mudanças climáticas nas políticas públicas, bem como ressaltar os cobenefícios entre a mesma e as políticas de desenvolvimento. Esta prioridade poderia ser concretizada, por exemplo, através da alocação sustentada de recursos humanos e econômicos.

Sistemas naturais

O monitoramento e a avaliação das medidas de adaptação implementadas no campo dos ecossistemas não estão muito desenvolvidos. É preciso desenvolver métricas de avaliação das medidas de adaptação, bem como dos fatores que possam fortalecer a resiliência ecológica e social, a fim de conceber linhas de ação que atuem sinergicamente. As linhas de ação que incluem mecanismos de apropriação social e participação dos diferentes agentes envolvidos, especialmente os locais, nos programas de adaptação poderiam ser menos vulneráveis às mudanças nos governos, permitindo assim a continuidade das ações implementadas.

A governança dos recursos naturais é fortemente influenciada pelo fato das economias de muitos países da RIOCC serem dominadas pelas exportações de produtos baseados em recursos naturais (petróleo, minérios e recursos agrícolas). Embora as mudanças climáticas afetem toda a população dos países ibero-americanos, as consequências são mais intensas onde a dependência de recursos naturais da população local é mais direta e onde a capacidade para desenvolver estratégias de resiliência é menor. Sem uma estratégia adequada de conservação dos ecossistemas nativos, com medidas que permitam sua adaptação às mudanças climáticas, a manutenção de muitos serviços ecossistêmicos é colocada em risco e aumenta a vulnerabilidade socioecológica.

É necessário desenvolver mais pesquisa básica com o objetivo de conhecer o estado atual dos ecossistemas marinhos e costeiros, dos serviços ecossistêmicos prestados e suas respostas às mudanças observadas e projetadas para o futuro. Este conhecimento básico é fundamental para definir ações de adaptação locais, nacionais e regionais. A investigação básica e aplicada nos países da RIOCC, especialmente na América Latina, e particularmente em ambientes marinhos e costeiros, precisa de mais e melhor apoio institucional, governamental e internacional. É necessária a formação de profissionais nas diferentes áreas das ciências básicas, sociais, econômicas e jurídicas para gerar o conhecimento necessário com o propósito de manter, proteger, conservar, restaurar e monitorar os ecossistemas marinhos e costeiros, suas espécies e funções ecológicas.

A capacidade para o desenho e a implementação de políticas de adaptação baseadas em ecossistemas deve ser construída localmente, que é onde a adaptação muitas vezes deve ocorrer. O desenho e a implementação de políticas integradas ou combinações de políticas que mesclam os componentes econômicos, sociais e ambientais da adap-

tação são uma necessidade fundamental para promover a adaptação da biodiversidade em toda a região. É necessário estudar conjuntamente as sinergias entre mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável, já que muitas vezes, como política, estas três práticas são tratadas separadamente.

Sistemas manejados

Para melhorar a capacidade de adaptação em termos de recursos hídricos é necessária uma série de linhas de ação prioritárias que considerem as demandas futuras e as mudanças que se antecipam na disponibilidade destes recursos. É necessário trabalhar na melhoria dos projetos institucionais que permitam incorporar medidas de adaptação de forma mais simples, especialmente aquelas relacionadas com uma maior eficiência e menor uso do recurso. Da mesma forma, faltam melhores ferramentas para fazer uma avaliação das necessidades de adaptação levando em conta as perspectivas de mudanças climáticas esperadas em diferentes períodos de tempo que se ajustem à inelasticidade do sistema diante de mudanças imperantes.

No âmbito do setor agropecuário, é necessário fortalecer os sistemas de I+D+i para gerar respostas eficientes em nível local ou regional, do tipo de variedades de cultivos e de gado adaptados ao estresse térmico, hídrico e a novas pragas. É preciso promover o uso do conhecimento local e tradicional, assim como das reservas de biodiversidade local que possuem muitos países da RIOCC.

É necessário fortalecer os sistemas locais de alerta precoce para agricultores e criadores de gado diante de fenômenos meteorológicos extremos (ondas de calor, estiagem, granizo, tempestades severas, geadas precoces e tardias) e eventos biológicos (irrupção de novas pragas e doenças), bem como facilitar o acesso à internet da população de áreas rurais distantes dos centros urbanos.

Em áreas de alta vulnerabilidade a eventos meteorológicos extremos, tais como nas encostas de montanhas tropicais propensas a deslizamentos de terra por tempestades e furacões, devem ser combinadas políticas que evitem ou minimizem os deslizamentos, seja construindo barragens ou evitando o desmatamento e a falta de cobertura vegetal por cultivos como o da banana. Em muitas destas áreas, devem ser oferecidas opções aos agricultores para que tenham meios de subsistência mais seguros e lucrativos. A agricultura climaticamente inteligente pode ser uma opção adequada em muitos destes casos.

É necessário que as administrações (em seus diferentes níveis, nacional, provincial e municipal) estabeleçam políticas ativas de fortalecimento dos produtos locais, com selos do tipo “local livre de desmatamento”, “produto de baixo carbono”, etc., que permitam uma maior conexão dos habitantes rurais com os nichos de mercado internacional. O cooperativismo é uma opção adequada para que os habitantes implementem novos sistemas de produção que lhes permitam obter alguns destes certificados ambientais.

Os esforços de adaptação no setor da pesca e aquicultura devem ser direcionados para aumentar a capacidade de adaptação das comunidades mais vulneráveis (seja por falta de recursos, por gênero ou por outros fatores) fortalecendo a governança, o desenvolvimento do conhecimento e a redução dos níveis de pobreza e insegurança alimentar.

A capacitação local sobre os riscos das mudanças climáticas através de projetos-piloto de adaptação em pesca e aquicultura deve ser fortalecida. Outras estratégias do setor pesqueiro para a adaptação podem ser promover o consumo de espécies de peixe de baixo valor comercial, como a anchoveta peruana e as sardinhas, para combater a insegurança alimentar ou manter uma reserva de biomassa mínima de peixes forrageiros e aumentar a extensão de áreas protegidas para permitir a recuperação dos principais predadores.

Riscos por desastres de origem climática

Entre as necessidades mais urgentes relacionadas com as tempestades e furacões se encontram: 1) financiar a investigação científica nas ciências relevantes e formar e capacitar científicos e profissionais de alto nível (mestrados e doutorados); 2) cobrir com radares meteorológicos as zonas mais densamente povoadas e atualizar as redes de monitoramento hidrometeorológico e 3) desenhar e implementar programas integrais de gestão do risco por tempestades e furacões.

Deter o desmatamento das bacias hidrográficas ameaçadas por furacões e tempestades. Para isso, é urgente quantificar economicamente o valor dos serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas naturais e compensar economicamente as comunidades por sua preservação.

Os planos de gestão de risco deverão vincular as tarefas de monitoramento e previsão hidrometeorológica com as autoridades de gestão de risco, e destas com a sociedade civil, melhorando o acesso às informações disponíveis, com dados detalhados em tempo real. Aumentar a coordenação dos governos nacionais, regionais e municipais com a sociedade civil nas atividades de prevenção, disseminação da informação e evacuação e mitigação dos impactos de tempestades e furacões.

A vulnerabilidade a secas e inundações é bastante desigual entre os diferentes países da RIOCC devido aos contrastes nos fatores sociais e ambientais. No entanto, é essencial que os esforços para reduzi-la sejam orientados para uma ação coletiva da comunidade ibero-americana.

Para que as estratégias de adaptação no âmbito das secas e inundações sejam realmente eficazes é imprescindível reduzir as incertezas em relação às mudanças previstas. Isso somente é possível priorizando a investigação sobre as mudanças climáticas e seus impactos e implementando melhorias nos sistemas de monitoramento e de alertas climáticos e hidrológicos.

Do ponto de vista da instabilidade das encostas (embora isto possa ser estendido aos demais setores), é prioritário conseguir que a gestão de riscos seja considerada, para todos os efeitos, como uma estratégia de adaptação e desenvolvimen-

to. O risco é um denominador comum da gestão a partir da perspectiva de diferentes abordagens, disciplinas e setores, tais como o desenvolvimento social e econômico, a infraestrutura, a proteção ambiental, o ordenamento territorial, a sustentabilidade, a resiliência, a adaptação às mudanças climáticas e a gestão de risco propriamente dita, entre outros. Uma visão fragmentada da problemática é inconveniente e contribui para a falta de eficácia.

Seria desejável que a gestão de riscos de desastres fosse promovida cada vez mais como uma estratégia de desenvolvimento, sustentabilidade e transformação, para que além de ser uma estratégia de antecipação do risco associado às mudanças climáticas, também contribua para a prestação de serviços ecossistêmicos e para aumentar a sustentabilidade na obtenção de recursos para as gerações futuras.

Muitos países da RIOCC ainda não possuem sistemas robustos de monitoramento de incêndios e ainda menos de seus impactos. É imprescindível investir em monitoramento ambiental, social e econômico, especialmente em regiões pouco estudadas. O monitoramento permite prevenir possíveis efeitos catastróficos e, ao mesmo tempo, medir a eficácia das medidas implantadas, em termos de redução dos riscos e de maximização do efeito de sumidouro de nossas florestas e ecossistemas silvestres ou administrados.

É necessário e urgente contar com uma nova governança com relação ao fogo baseada em medidas de adaptação, para evitar um "estado de não retorno" das áreas naturais e rurais afetadas na região e para reduzir as perdas econômicas e humanas causadas por incêndios catastróficos.

Outras áreas e setores-chave

Para dar lugar a uma governança climática mais robusta nos assentamentos urbanos e rurais se faz necessário incentivar a participação, as alianças, a cooperação e inclusive a coprodução de soluções pelos diferentes agentes envolvidos. A eficácia da adaptação local terá que ser medida em termos da melhoria concreta das populações mais vulneráveis e, portanto, a ação terá que ir além de ajustes na gestão da resposta aos impactos do clima, para promover mudanças estruturais ou sistêmicas profundas que modifiquem as condições que criaram a vulnerabilidade em primeiro lugar.

No âmbito dos assentamentos urbanos e rurais também é necessária a geração de informação local de forma robusta e consistente, juntamente com a coprodução de conhecimento e soluções. Um primeiro passo necessário é identificar aqueles mais expostos e vulneráveis diante de eventos meteorológicos ou climáticos de vários tipos (ex.: ondas de calor, inundações, deslizamentos de encostas, falta de abastecimento da água, etc.). É urgente a identificação da exposição e vulnerabilidade ambiental e humana, com mapeamentos de risco.

Na América Central, América do Sul e no Caribe, grande parte do financiamento para adaptação em zonas costeiras é proveniente de organismos multilaterais e entidades de cooperação internacional e está sendo implementada, em muitos casos, por ONGs. Uma maior coordenação seria desejável para reduzir a fragmentação, evitar duplicidades e favorecer uma visão de médio prazo e uma priorização dos recursos destinados à adaptação na costa.

As barreiras institucionais mais comuns à adaptação nas zonas costeiras nos países da RIOCC são: conflito de competências e falta de informação, mudanças frequentes ou ausência de políticas específicas e falta de recursos e capacidades para enfrentar as diferentes fases do ciclo da adaptação.

A adaptação às mudanças climáticas no setor turístico, em geral, não é considerada como um setor individual, mas, no melhor dos casos, transversal a diferentes setores da economia e da sociedade. Além disso, os agentes locais e nacionais relacionados à indústria do turismo não deram prioridade às mudanças climáticas, como refletem os baixos níveis de adaptação dos países ibero-americanos. A adaptação às mudanças climáticas do setor turístico é essencial para o desenvolvimento social e econômico dos países. Promover esta agenda e a agenda específica de adaptação do turismo às mudanças climáticas é urgente.

É preciso melhorar o conhecimento por parte da indústria do turismo sobre os riscos das mudanças climáticas e gerar estudos econômicos sobre o valor do destino e os custos da adaptação e da inatividade. É necessário avançar na adaptação dentro do binômio energia-água, bem como no binômio conservação-mitigação. As alternativas ao alto uso de emissões de GEE devem ser exploradas, aumentando a eficiência de cada unidade emitida.

A saúde humana deve ser uma área prioritária no contexto da luta contra as mudanças climáticas. Apesar das incertezas existentes, há evidência suficiente para justificar o fortalecimento da resiliência dos sistemas de saúde e garantir que as ações de adaptação e mitigação sirvam para protegê-la.

Existe a necessidade de identificar as populações vulneráveis e expostas aos riscos das mudanças climáticas em nível regional ou local. Com base nesta informação devem ser elaborados sistemas de informação geográfica e identificar, propor e implementar medidas de adaptação que reduzam o impacto negativo das mudanças climáticas sobre a saúde dessas populações.

O acesso à água potável e ao saneamento é uma necessidade básica. Além disso, é necessário fortalecer os sistemas de alerta e vigilância que incluam as doenças relacionadas ao clima.

1

Marco conceptual y contexto regional

José M. Moreno (España), Clara Laguna-Defior (España), Vicente Barros (Argentina), Eduardo Calvo Buendía (Perú), José A. Marengo (Brasil) y Úrsula Oswald Spring (México).

Se recomienda citar este texto como:

Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J. A. Marengo y Ú. Oswald Spring, 2020: Marco conceptual y contexto regional. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT.* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 1-47, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo ... **3**

1.1. Introducción al informe ... **3**

1.2. Adaptación en el marco conceptual de riesgo ... **5**

1.3. Marco geográfico ... **8**

1.4. El clima de los países RIOCC ... **10**

1.4.1. Clima actual ... 10

1.4.1.1. México ... 11

1.4.1.2. Centroamérica y Caribe ... 11

1.4.1.3. Andino-Pacífico Norte (APN) ... 12

1.4.1.4. Andino-Pacífico Central ... 12

1.4.1.5. Patagonia ... 12

1.4.1.6. Amazonia ... 13

1.4.1.7. Nordeste de Brasil ... 13

1.4.1.8. Sudeste de Sudamérica ... 13

1.4.1.9. Península Ibérica ... 14

1.4.2. Cambios climáticos recientes ... 14

1.4.3. Proyecciones del clima futuro ... 15

1.5. Biogeografía de la región: sistemas naturales ... **17**

1.5.1. Sistemas terrestres ... 17

1.5.2. Sistemas acuático-continentales ... 20

1.5.3. Sistemas marino-costeros ... 22

1.6. Marco socioeconómico ... **24**

1.6.1. Demografía y estructura poblacional ... 24

1.6.2. Economía ... 25

1.6.3. Pobreza, desigualdad y corrupción ... 27

1.6.4. Inclusión social y laboral ... 29

1.6.5. Violencia, conflictos y migraciones ... 29

1.6.6. Emisiones de gases de efecto invernadero ... 32

1.7. Marco político e institucional ... **34**

1.7.1. Evaluación de la adaptación en el marco del Acuerdo de París ... 34

1.7.2. Perspectiva nacional para la evaluación de la ACC ... 35

1.7.3. Perspectiva global para la evaluación de la adaptación al cambio climático ... 36

1.7.4. Mecanismos de coordinación en la región para la adaptación ... 37

1.7.5. Seguimiento de la financiación ... 38

Preguntas frecuentes ... **39**

Agradecimientos ... **40**

Bibliografía ... **40**

Resumen ejecutivo

El cambio climático conlleva riesgos para los sistemas humanos y naturales. Para reducir o evitar sus impactos, la adaptación es necesaria. En este informe se relatan las principales amenazas, vulnerabilidades, riesgos e impactos, así como las actuaciones de adaptación al cambio climático realizadas en los países de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC). Componen esta red todos los países iberoamericanos de América y la Península Ibérica. El análisis se ha centrado en los principales sectores humanos y naturales, así como en los principales riesgos de origen climático.

La región incluye una gran variabilidad de climas, ecosistemas terrestres, dulceacuícolas y marinos. Sus climas comprenden desde los más lluviosos del mundo (Colombia) a los más secos (desierto de Atacama), desde los tropicales (Amazonia) a los muy fríos (Patagonia), siendo rica en eventos meteorológicos y climáticos extremos y otras perturbaciones y desastres relacionados con ellos, como huracanes y tormentas (Caribe, costas pacífica y atlántica de México y de Centroamérica), inundaciones (Argentina), sequías (Brasil, Chile, Península Ibérica), deslizamientos de laderas (Mesoamérica, Colombia), incendios forestales (Península Ibérica, Chile, Brasil). La región alberga una representación de la mayoría de los ecosistemas terrestres, dulceacuícolas y marinos del mundo.

La temperatura está aumentando en la mayoría de los países, mientras que la precipitación disminuye en algunos y crece en otros. Es decir, al mismo tiempo que la subida de las temperaturas es un fenómeno general, los cambios en las precipitaciones son más variados, e incluyen tanto aumentos (Argentina) como disminuciones (España, Chile). Se prevé que con el cambio climático aumenten las temperaturas, aunque con variaciones en su magnitud en las distintas regiones. A su vez se cree que las precipitaciones disminuirán en las zonas subtropicales semiáridas tanto en los territorios americanos como en el europeo (Chile, Brasil, México, norte de Centroamérica y Península Ibérica).

Existe una amplia desigualdad social y económica entre los países RIOCC y dentro de ellos, y en muchos casos la pobreza es estructural, lo cual incrementa la vulnerabilidad al cambio climático y por tanto las dificultades para la adaptación. La pobreza está ampliamente distribuida, particularmente en algunos países (p. ej., América Central). No obstante, las enfermedades han cambiado desde las infectocontagiosas, propias de países subdesarrollados, a las crónicodegenerativas, propias de un mayor desarrollo y vinculadas con la obesidad. La esperanza de vida es superior a la media mundial. La desigualdad de género sigue siendo importante. Los países RIOCC son una fuente de emigración dentro de la región y fuera de ella.

Las emisiones medias por persona de gases de efecto invernadero (GEI) son, salvo en cinco países, inferiores a la media mundial. No obstante, en algunos países, las emisiones procedentes de los cambios de los usos de la tierra son muy elevadas, llegando a superar en varias veces al resto de emisiones.

El marco de cooperación y coordinación de las políticas de lucha contra el cambio climático está poco desarrollado. Al margen de las cumbres y foros ministeriales sectoriales iberoamericanos, los países RIOCC no tienen superestructuras nacionales que compartan entre ellos la coordinación de sus esfuerzos de lucha contra el cambio climático. No obstante, existen estructuras regionales de coordinación de algunas de estas políticas (UE, UNASUR, OTCA, Comunidad Andina, Mercosur, Alba, Ailac, entre otras), si bien, en general, la lucha contra el cambio climático no ha sido un objetivo prioritario de estos organismos.

El grado de adaptación de los países RIOCC, a nivel global, es mayoritariamente medio o bajo, salvo excepciones. En concreto, según el Índice de Adaptación Global Notre Dame, los países RIOCC se encuentran mayoritariamente en posiciones medias o altas del *ranking* mundial, excepto tres de ellos, que se encuentran en posiciones bajas. Posiciones altas indican mayor vulnerabilidad al cambio climático y menor preparación para la adaptación.

Los planes o programas nacionales de adaptación son las principales herramientas de los países para implantar sus actuaciones de adaptación. En general, casi todos los países RIOCC tienen en marcha planes o programas de adaptación. Además, todos los países comunican a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático sus progresos en esta materia a través de las respectivas comunicaciones nacionales y, más recientemente, de los informes bienales de actualización.

Además de los esfuerzos nacionales, en la actualidad se vienen llevando a cabo diversas actuaciones de adaptación financiadas por organismos internacionales. Existen diferentes fondos de adaptación vinculados a entidades nacionales e internacionales, tales como la CMNUCC o el Banco Mundial, entre otras, que canalizan y aportan fondos para la adaptación desde los países más desarrollados hacia aquellos en desarrollo, tal y como establece el Acuerdo de París. La Unión Europea y varios de sus Estados miembros (España y Portugal, entre otros) financian también acciones de adaptación en terceros países. Los países RIOCC vienen ejecutando proyectos de adaptación financiados por dichos fondos o entidades.

1.1. Introducción al informe

El Informe RIOCCADAPT tiene por objetivo evaluar las actuaciones sobre adaptación al cambio climático que se estén llevando a cabo en los países de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC), esto es, los países de lengua española y portuguesa de América e islas del Caribe, así como de la Península Ibérica (**Figura 1.1**).

En el informe se han abordado diversas áreas temáticas de relevancia para los países de la RIOCC, tales como los



Figura 1.1. Países miembros de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC). Fuente: elaboración propia con datos del SMHI (2008).

sistemas naturales o los gestionados, otros sectores clave y los principales riesgos de la meteorología y climatología extremas. Dentro de cada una de estas áreas temáticas se ha hecho un desglose por temas más específicos, hasta completar los **16** que componen el informe (**Tabla 1.1**). Cada tema ha sido objeto de un capítulo independiente en el que se detallan sectorialmente las acciones de adaptación que se han documentado, entre otros aspectos. Las actuaciones incluidas son aquellas derivadas tanto de acciones planificadas como autónomas. Además, en cada uno de los capítulos se incluyen varios casos de estudio de cuyas experiencias pueden sacarse conclusiones útiles para la adaptación.

El conjunto de casos sirve como un compendio de posibles prácticas, incluyendo algunas buenas prácticas, para fomentar la adaptación en los países RIOCC. Con el fin de contextualizar las acciones de adaptación, el informe también incluye un análisis de los riesgos e impactos del cambio climático, así como de las vulnerabilidades al mismo. Otro de los objetivos del informe ha sido aflorar la información disponible en la región sobre actividades de adaptación. Por ello, aunque los textos principales se han apoyado en la bibliografía revisada por pares, se ha utilizado también toda

Tabla 1.1. Contenido del informe por capítulos.

Área temática	Capítulo	Temas de los capítulos
I. Introducción general	1	Marco conceptual y contexto regional
	2	Sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación
II. Sistemas naturales	3	Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales
	4	Ecosistemas marinocosteros
	5	Biodiversidad
III. Sistemas gestionados	6	Recursos hídricos
	7	Sector agropecuario
	8	Recursos pesqueros
IV. Riesgos por desastres de origen climático	9	Tormentas y huracanes
	10	Inundaciones y sequías
	11	Inestabilidad de laderas-deslizamientos
	12	Incendios forestales
V. Otras áreas y sectores clave	13	Asentamientos urbanos y rurales
	14	Zonas costeras
	15	Turismo
	16	Salud humana

aquella información útil que hubiese a cualquier nivel de las Administraciones públicas o entidades privadas, realizando los autores los correspondientes controles de calidad de la misma. Esto es así de manera especial para los casos de estudio.

Además de los 14 capítulos sectoriales, el informe contiene dos capítulos más generales donde se presentan el contexto del informe y de la región, así como los aspectos sociales de gobernanza e inequidad, sentando las bases para el resto de los capítulos. En el presente capítulo, titulado «Marco conceptual y contexto regional», se plantea el marco conceptual de riesgo, que será común al resto de capítulos, adaptado a cada tema. Asimismo, se ofrece información de base sobre los aspectos geográficos, ambientales, socioeconómicos e institucionales de la región a fin de establecer su marco contextual frente al cambio climático y la adaptación al mismo. El segundo capítulo, titulado «Sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación» aborda los aspectos sociales más relevantes de la región en el contexto anteriormente indicado.

Los 14 capítulos temáticos restantes tienen un mismo guion, que incluye los siguientes apartados: introducción; componentes del riesgo en relación con el sector o sistema (amenazas, exposición, vulnerabilidad); caracterización de los riesgos e impactos, medidas de adaptación (planificada y autónoma); barreras, oportunidades e interacciones; medidas o indicadores de adaptación; casos de estudio; principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias; conclusiones; preguntas frecuentes y bibliografía. Cada capítulo lleva al principio un resumen ejecutivo en el que se listan los principales mensajes que se desprenden del mismo y que luego han sido integrados en el correspondiente resumen para los responsables de políticas. El informe está disponible en español e inglés. El resumen para los responsables de políticas se publica en estos dos idiomas, así como en portugués. El acceso al informe será libre vía la página web de la RIOCC (http://www.lariocc.es/).

1.2. Adaptación en el marco conceptual de riesgo

La idea de contextualizar los impactos del cambio climático y la adaptación en un marco de riesgo se estableció en el ámbito del IPCC con motivo del informe especial SREX de 2012 (Field *et ál.,* 2012) y se terminó de asentar en el quinto informe de evaluación (AR5) del IPCC. El Cap. 19 de dicho informe desarrolla ampliamente esta aproximación (Oppenheimer *et ál.,* 2014). El establecer este marco tiene la ventaja de que las Administraciones públicas y la sociedad en general están acostumbradas a hacer frente a riesgos de diversa índole, lo que puede facilitar la respuesta a los mismos. La idea fundamental es que el cambio climático conlleva riesgos, a los que hay que enfrentarse mediante la adaptación para evitar o reducir sus impactos. Por tanto, la adaptación trata específicamente de poner en marcha medidas que reduzcan, dentro de lo posible, los impactos derivados de la materialización de los riesgos del cambio climático. Conocer los riesgos y caracterizarlos desde el punto de vista de su importancia, de nuestra capacidad de hacerles frente o de su inminencia es un primer paso necesario para poner en marcha planes efectivos de adaptación.

Los riesgos derivados del clima y el cambio climático surgen como consecuencia de la interacción de tres componentes: amenaza (sinónimo de peligro), exposición y vulnerabilidad (**Figura 1.2**). El clima, con sus amenazas, interacciona con la exposición de las personas o bienes de nuestro interés para producir riesgos que a su vez van a depender de la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Oppenheimer *et ál.,* 2014). Mientras que las amenazas climáticas se escapan en buena medida a nuestra intervención y control, los factores que contribuyen a la exposición y vulnerabilidad (física, económica, social, ambiental) sí permiten un mayor grado de intervención (p. ej., un buen planeamiento urbanístico reducirá la exposición, un buen sistema sanitario podrá actuar preventivamente frente al calor extremo en poblaciones de riesgo, etc.). A lo largo del informe se analizan las componentes del riesgo y se presentan diversos ejemplos para cada uno de los sectores y sistemas seleccionados. La materialización del riesgo se manifiesta en forma de impactos (p. ej., casas inundadas o destruidas; morbilidad y mortalidad de las personas por calor extremo, etc.). El riesgo puede materializarse de forma súbita (p. ej., el deslizamiento de una ladera debido a lluvias torrenciales) o gradual, esto es, que aumente el estrés poco a poco (p. ej., subida del nivel del mar, el derretimiento del hielo de los glaciares de montaña) (Lavell *et ál.,* 2012; Oppenheimer *et ál.,* 2014).

Es importante tener en cuenta que los impactos pueden, a su vez, retroalimentar los factores que determinan el riesgo. Por ejemplo, una inundación severa hará que muchas personas tengan que invertir sus ahorros en reconstruir sus viviendas, quedándose sin recursos para hacer frente a una nueva contingencia. La importancia de los procesos socioeconómicos y la gobernanza no puede minimizarse, pues cuanto menos sostenibles y más desiguales sean las sociedades, para el mismo nivel de amenaza, más riesgos generarán y menores serán las capacidades de adaptarse a los mismos (**Figura 1.2**). Más aún, dentro de una sociedad no todos tienen las mismas opciones y oportunidades, por lo que no hay que pensar que los riesgos del clima y el cambio climático afectan solamente a los países menos favorecidos (Olsson *et ál.,* 2014). Los procesos socioeconómicos inciden directamente sobre los factores socioeconómicos del riesgo (p. ej., más o menos pobreza, lo que incide en la vulnerabilidad), pero también indirectamente al afectar al uso de los medios de vida (p. ej., la pobreza puede incrementar la presión sobre el territorio, disminuyendo la capacidad de los ecosistemas para hacer frente a situaciones adversas) (**Figura 1.2**).

La adaptación al cambio climático (ACC) es toda aquella acción o actuación, actividad, plan o programa cuyo fin último es reducir o evitar los riesgos derivados del cambio

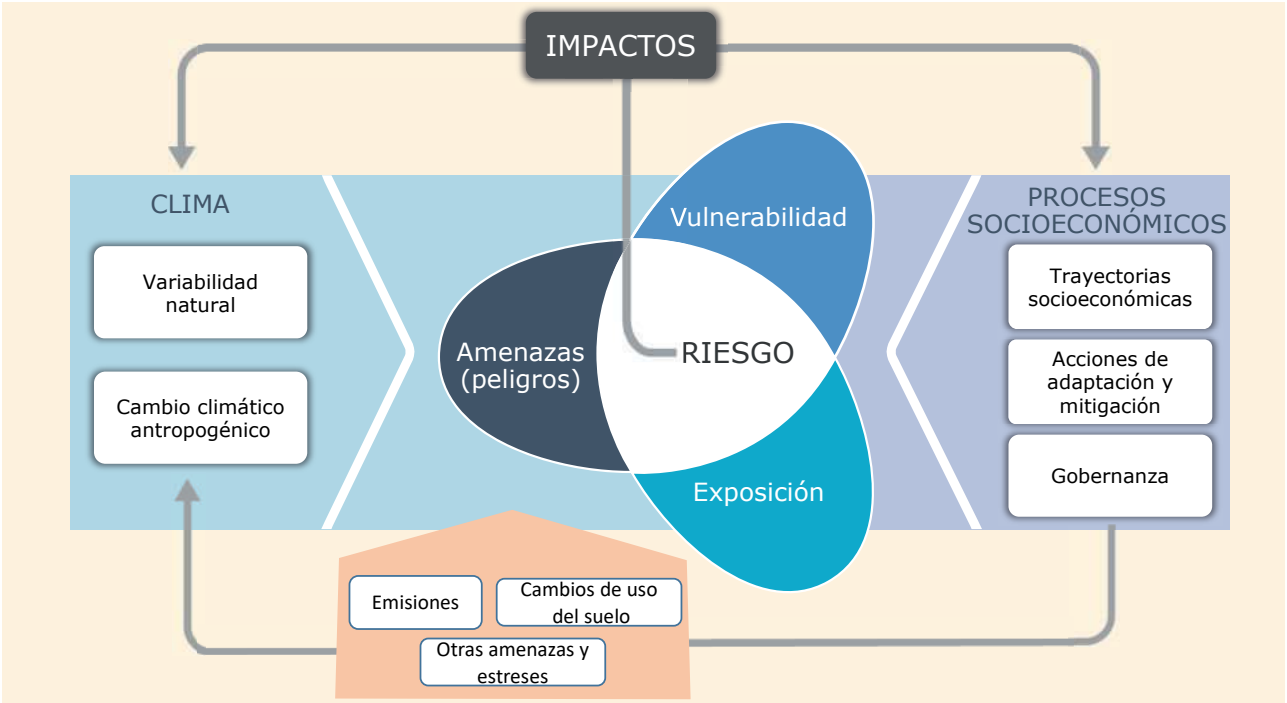


Figura 1.2. Marco conceptual de riesgo expresado como producto de la interacción entre las amenazas del clima y el cambio climático, la exposición y la vulnerabilidad que, en los sistemas humanos, mayoritariamente dependen de los procesos socioeconómicos que determinan las trayectorias socioeconómicas, las acciones de adaptación y mitigación y la gobernanza. Los riesgos se materializan en impactos que, a su vez, pueden afectar al clima o a los procesos socioeconómicos. Estos últimos pueden afectar a otros factores que contribuyen también al riesgo, en tanto que las emisiones, los cambios de uso del suelo y otras amenazas y estreses inciden sobre el cambio climático o a través de acciones directas sobre los propios riesgos. Fuente: modificado a partir del Cap. 19, AR5, WG2, IPCC de 2014 (Oppenheimer *et ál.,* 2014).

climático y sus consecuentes impactos a través de la gestión del riesgo (**Figura 1.3**). Las opciones disponibles para afrontar los riesgos podemos dividirlas en varios tipos: 1) institucionales (leyes, reglamentos, ordenanzas, etc.); 2) sociales (medidas educativas, formativas, comportamentales, etc.), y 3) estructurales o físicas, como la construcción de infraestructuras de todo tipo o aplicaciones tecnológicas (EEA, 2013; Noble *et ál.,* 2014). A las medidas de los dos primeros tipos se las suele conocer como adaptación «blanda», mientras que a las medidas del tercer tipo se las suele denominar adaptación «dura» o «gris».

En sentido estricto, la adaptación se concibe como algo que se planifica frente a un escenario futuro que será diferente de la situación actual, usándose como base para el mismo distintos escenarios, sin que sea posible asignarles una probabilidad. Por otro lado, las personas, los grupos sociales, las comunidades reaccionan frente a lo que les ocurre (p. ej., desastres causados por una meteorología o climatología extrema), y sus reacciones pueden conllevar medidas que tienen un valor adaptativo para futuras inclemencias relacionadas con el cambio climático. Por ello, atendiendo a cómo se gesta el proceso adaptativo, podemos diferenciar las medidas de adaptación en planificadas y autónomas.

Adaptación planificada es el «resultado de una decisión política deliberada, basada en la toma de conciencia de que las condiciones han cambiado o que están próximas a cambiar, y que se requiere de actuaciones para volver, mantener o alcanzar el estado deseado» (IPCC, 2007). Por contra, la adaptación autónoma es aquella que surge «en respuesta al clima experimentado y sus efectos, sin una planificación explícita o conscientemente enfocada a abordar el cambio climático» (IPCC, 2014). Sin embargo, más recientemente el término adaptación autónoma se está usando también para referirse a aquellas actuaciones llevadas a cabo por particulares, empresas o comunidades sin una intervención pública, que generalmente responden a intereses privados, pero que, no obstante, se desarrollan dentro de un marco de acciones netamente adaptativas. Por contraposición, la adaptación planificada sería el resultado de decisiones políticas deliberadas destinada a cubrir necesidades sociales con financiación mayoritariamente pública (Bee *et ál.,* 2016). De este modo el matiz de si la adaptación es más o menos consciente, reactiva o anticipatoria pasaría a un segundo plano.

Por otro lado, existe cierto paralelismo entre la clasificación anterior (adaptación autónoma frente a planificada) y la forma de llevarla a cabo, por lo que es frecuente hablar

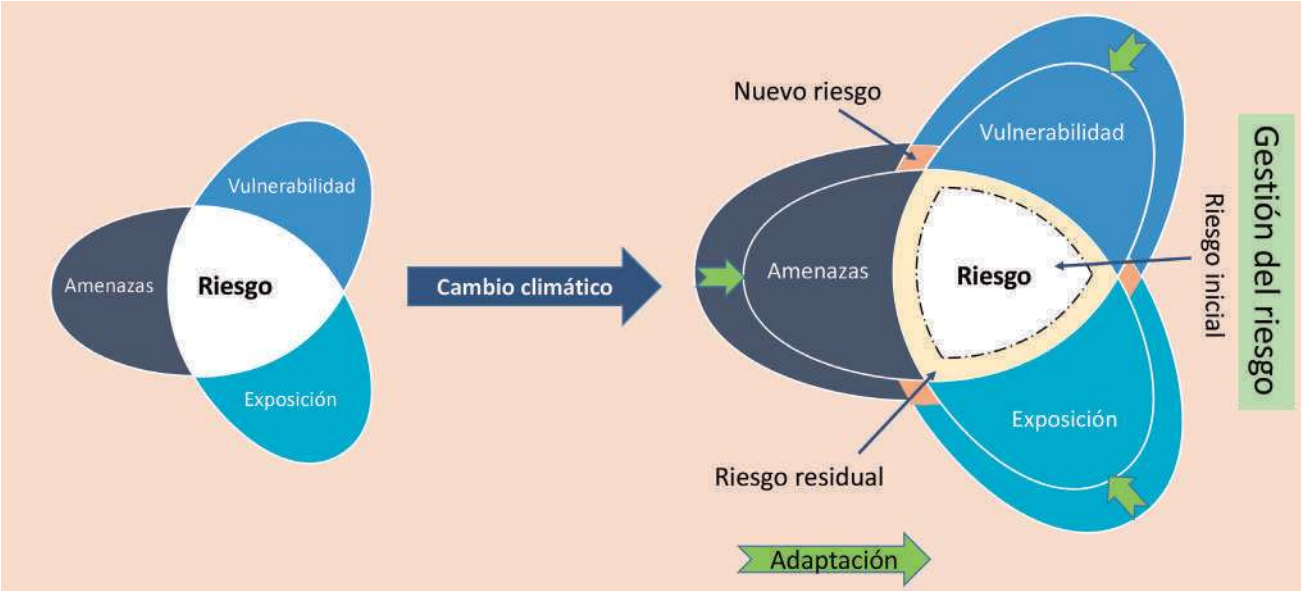


Figura 1.3. El cambio climático conlleva riesgos mayores a los existentes o nuevos riesgos que requieren ser gestionados para reducir, en la medida de lo posible, los correspondientes impactos. La adaptación trata, por tanto, de actuar sobre los tres componentes del riesgo. La intervención sobre las amenazas climáticas puede ser menos factible, por lo que las actuaciones sobre los otros dos componentes del riesgo serán más importantes. Aun con adaptación, no será posible evitar la totalidad del riesgo, quedando un riesgo residual al que habrá que hacer frente. Fuente: elaboración propia con información del Cap. 19, AR5, WG2, IPCC de 2014 (Oppenheimer *et ál.,* 2014).

de adaptación «de arriba abajo» o «de abajo arriba». Las estrategias de arriba abajo se basan en escenarios y, por tanto, serían análogas a la adaptación planificada. Consisten en realizar proyecciones climáticas y socioeconómicas sobre escenarios para calcular los impactos y formular las respuestas adaptativas. Esta es la aproximación que suelen seguir los gobiernos. Las acciones de abajo arriba, por contraste, se basan en las necesidades más o menos inmediatas de personas y comunidades. A medida que la consideración de la dimensión social del cambio climático recibe mayor atención, ha crecido el énfasis en abordar las necesidades de los grupos sociales más vulnerables al cambio climático

Recuadro 1.1. Algunos conceptos clave relacionados con el riesgo y la adaptación

Amenaza: acaecimiento potencial de un suceso o tendencia física de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios y recursos ambientales. En este informe se usa como equivalente a peligro.

Exposición: la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Vulnerabilidad: propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y de adaptación.

Riesgo: potencial de consecuencias en que algo de valor humano (incluidas las personas) está en peligro con un desenlace incierto. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosas multiplicada por las consecuencias en caso de que ocurran tales sucesos (**R = P·C**; donde R = riesgo, P = probabilidad, C = consecuencias o impactos). Los riesgos resultan de la interacción entre la amenaza o peligro, la exposición y la vulnerabilidad, y se expresan como **R = A·E·V** (R = riesgo; A = amenaza; E = exposición; V = vulnerabilidad).

Gestión de riesgos: planes, medidas o políticas aplicados para reducir la probabilidad o las consecuencias de los riesgos o para responder a sus consecuencias.

Adaptación: proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y sus efectos.

(niños, mujeres, personas mayores, personas discapacitadas y pobres), y por tanto de estrategias de este tipo.

En general, las estrategias anteriores se llevan a cabo en ámbitos sectoriales. No obstante, cada vez son más frecuentes las estrategias integradas, que tratan de abordar múltiples objetivos, incluyendo no solo la ACC, sino también objetivos de desarrollo o de reducción del riesgo de desastres. Como ejemplos tenemos la adaptación basada en las comunidades, en los ecosistemas (también conocida como soluciones basadas en la naturaleza), la gestión integrada de los recursos hídricos o la gestión integrada de las zonas costeras, comúnmente representadas mediante sus siglas en inglés, que son CBA, EBA, IWRM y ICZM, respectivamente (Klein *et al.*, 2014).

Una última dificultad a la hora de identificar las actuaciones de adaptación, particularmente de cara a su evaluación, es el hecho de que en muchos casos no queda constancia de ellas como tales. Frecuentemente, las acciones de adaptación quedan englobadas en otras políticas. Un claro ejemplo de ello son los planes y programas de gestión del riesgo de desastres (DRM) y de desarrollo (Trabacchi *et al.*, 2016). De hecho, generalmente se considera que las actuaciones de adaptación más atractivas son aquellas que ofrecen también beneficios de desarrollo a corto plazo, así como una reducción de las vulnerabilidades a largo plazo (Mimura *et al.*, 2014).

En el presente informe ha quedado al criterio de los autores de cada capítulo caracterizar las actuaciones de adaptación evaluadas según las distintas categorías, si bien se ha querido hacer hincapié en las de adaptación planificada y autónoma. La razón de esta diferenciación ha sido dar a conocer y resaltar, en la medida de lo posible, las acciones autónomas, dado que estas se llevan a cabo en ámbitos menos accesibles a la comunidad científica. Asimismo, ha quedado a criterio de los autores determinar para cada uno de los sectores qué actuaciones se consideran como adaptación, más allá de si se declararon como tales en origen o no. De este modo, se ha pretendido dar una visión lo más amplia posible del estado de la cuestión, no tanto con el ánimo de realizar un catastro minucioso de lo realizado, sino de mostrar el rango de opciones utilizadas en cada sector.

1.3. Marco geográfico

Los territorios de los países RIOCC han sido agrupados en nueve regiones (**Figura 1.4**), para lo cual se ha seguido a grandes rasgos la división realizada en anteriores informes del IPCC (Magrin *et al.*, 2014; Seneviratne *et al.*, 2012), con algunos ajustes y adiciones.

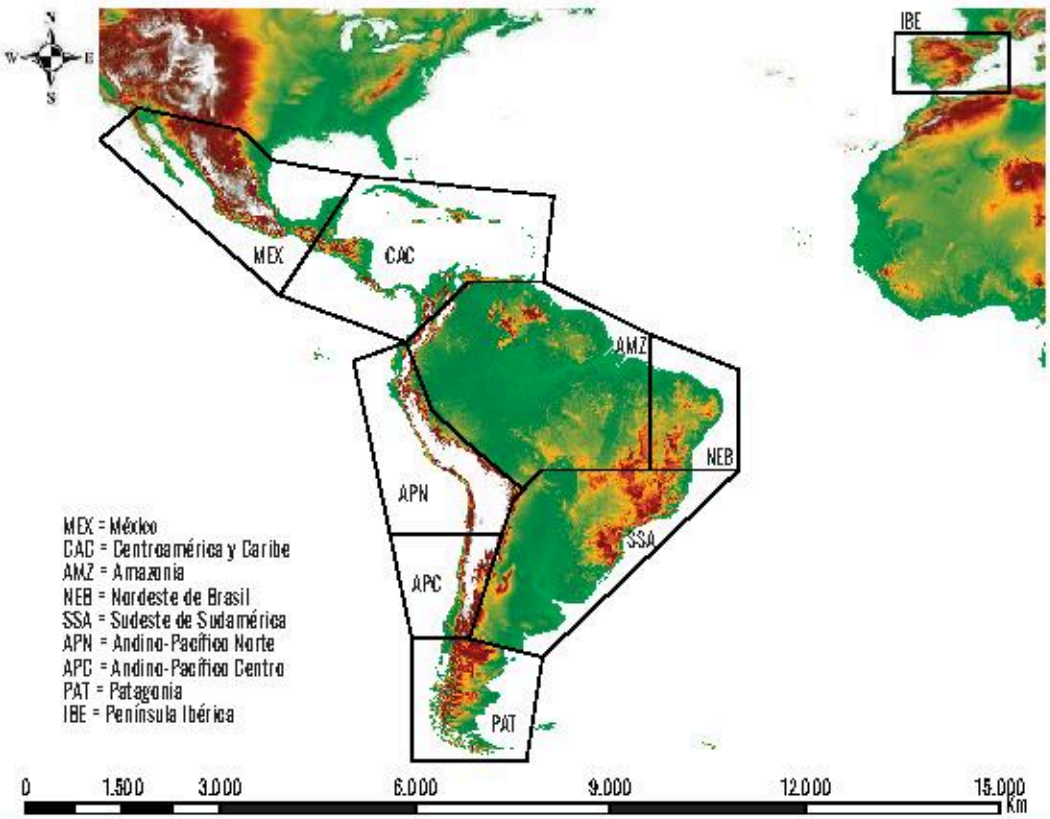


Figura 1.4. Mapa topográfico de los países RIOCC y división geográfica utilizada en este informe. Fuente: elaboración propia con datos de Magrin *et al.* (2014) y Seneviratne *et al.* (2012).

A continuación, se hace una breve descripción de cada una de las regiones:

México: país montañoso, de 1,9 millones de km^2, formado por dos cordilleras que lo atraviesan de norte a sur: la Sierra Madre Oriental y las sierras de la costa occidental, bordeando el océano Pacífico (Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur). Entre ambas está la gran meseta mexicana, de unos 2.000 m de altitud, atravesada por la cadena neovolcánica transversal que supera los 5.000 m de altitud. Al noroeste, la península de Baja California conforma con el continente el golfo de California o mar de Cortés, mientras que, al sudeste, bordeando el golfo de México, se encuentra la península de Yucatán (INEGI, 2008).

Centroamérica y Caribe: en Centroamérica incluye los siguientes países de la RIOCC: Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, norte de Colombia y Venezuela. La parte de Norteamérica está formada por una cadena montañosa, y constituye uno de los ejes volcánicos de la Tierra, con unos 90 volcanes, algunos activos. En Sudamérica, se extiende por las zonas caribeñas de Colombia y Venezuela, al norte de los Andes. La zona más norteña de la cordillera de los Andes presenta algunas de las precipitaciones más altas del mundo (> 12.000 mm, región del Chocó, Colombia). En el Caribe incluye, entre otras islas, la de Cuba (Cuba) y parte de La Española (República Dominicana), que también forman parte de la RIOCC. El mar Caribe es un mar interior del océano Atlántico con una extensión de 2,7 millones de km^2 y 13.500 km de costa, de salinidad (3,6 %) y temperatura elevadas (22-29 °C), donde los huracanes son frecuentes. Los arrecifes de coral (26.000 km^2), las praderas marinas (66.000 km^2) y los manglares (11.560 km^2) son ecosistemas ampliamente repartidos (Miloslavich *et ál.,* 2010).

La Amazonia: comprende la cuenca del Amazonas, que con 7,4 millones de km^2 representa el 4,9 % del área continental mundial, y abarca partes de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, entre los países RIOCC. La cuenca del río Amazonas es la más grande del mundo con una precipitación media de aproximadamente 2.200 mm y una descarga promedio de 230.000 m^3/s de agua, que corresponde aproximadamente al 20% del agua dulce de la superficie terrestre mundial (CEPAL y Patrimonio Natural, 2013; OTCA, 2015; Marengo *et ál.,* 2013, 2018a). Por el norte se incluye también la cuenca del Orinoco, el tercer río más caudaloso del mundo, con una superficie de unos 0,9 millones de km^2. La mayor parte del territorio es plano, y está bordeado por su lado norte y este por los Andes y en el sur por las sierras de la meseta brasileña. En el centro, separando las cuencas de ambos ríos, se encuentra el Escudo Guayanés.

Nordeste de Brasil: ocupa un área de 1,54 millones de km^2 o cerca del 11 % del área de Brasil (IBGE, 2010, 2014; Magalhaes *et ál.,* 1988). Los estados del Nordeste de Brasil son Maranhão, Piauí, Ceará, Río Grande del Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe y Bahía (CGEE y BM, 2016). La parte más vulnerable del Nordeste de Brasil es una región semiárida, llamada también de Sertão, que es frecuentemente afectada por sequías (CGEE y BM, 2016; Marengo *et ál.,* 2018a, 2019).

Sudeste de Sudamérica: abarca territorios de cinco países (Brasil, Bolivia, Paraguay, Argentina y Uruguay). Comprende buena parte del macizo brasileño, amplia llanura elevada y cruzada por sierras de altitud media (apenas superan los 2.500 m) al norte. Al sur, está formado por la llanura pampeana, ocupada por la cuenca del río de la Plata, que cubre un área de unos 3,17 millones de km^2, lo que la convierte en la segunda mayor de Sudamérica. El caudal medio de la cuenca es de 23.000 m^3/s, y la mayoría de sus cursos son navegables por buques de mediano porte y casi todos ellos por barcazas. Este conjunto hidrográfico desemboca en el río de la Plata y, por intermedio de este, en el océano Atlántico (OAS, 2006).

Andino-Pacífico Norte: se extiende desde latitudes próximas al ecuador en el hemisferio norte (0,53°N) hasta el paralelo 28°S, y comprende partes o todo el territorio de Colombia, Perú, Bolivia, Argentina, Chile y Ecuador, respectivamente. Abarca las zonas de clima tropical desde el Caribe por el norte y subtropical por el sur. El elemento dominante es la cordillera de los Andes, lluviosa en su zona más norteña y seca conforme nos adentramos hacia el sur, siendo el desierto de Atacama su máximo exponente. En el norte, la cordillera se abre en tres brazos, dando lugar a valles elevados, ríos que discurren por ellos en dirección sur-norte y ríos estacionales hacia el Pacífico que alimentan a grandes ciudades costeras (Guayaquil, Lima, etc.). En su zona central, los Andes se ensanchan originando una extensa meseta elevada o altiplano (3.800 m de altitud media). La altitud (con sus bajas y contrastadas temperaturas) y la aridez condicionan la vida en este territorio. Se incluye en esta región las volcánicas islas Galápagos.

Andino-Pacífico Central: se extiende a ambos lados de los Andes, en las zonas de sierra y presierra argentinas, así como sus equivalentes en el lado chileno, aunque en esta parte los Andes emergen más abruptamente, dando lugar a una planicie costera estrecha. Esta se ensancha hacia el sur, en donde se encuentra la zona más poblada de Chile. La característica fundamental de esta zona es el influjo climático del Anticiclón del Pacífico Sur, que provoca una estacionalidad marcada de las precipitaciones. Estas son escasas al norte y se van haciendo más abundantes hacia el sur, sobre todo por el lado chileno, dando lugar a un clima de tipo mediterráneo, hasta el límite con la Patagonia.

Patagonia: se ha incluido aquí el territorio del Cono Sur de América comprendido por la línea que va desde la Región de Araucanía en el lado chileno, cruza los Andes hasta el sur de Neuquen y del río Negro, y continúa por este hasta su desembocadura en el océano Atlántico en el lado argentino. Incluye también el archipiélago de Tierra del Fuego. Los Andes la recorren de norte a sur, hasta que desaparecen en el océano Atlántico por el cabo de Hornos. Destaca el contraste entre el lado chileno, donde la cordillera andina es más abrupta, con numerosos volcanes y una altitud media superior a 2.500 m, y la planicie semiárida de Argentina. La costa sur es recortada, con abundantes fiordos. La región es pobre en población y rica en áreas naturales protegidas.

Península Ibérica: situada en el borde sudoccidental del continente europeo, tiene una extensión de 0,6 millones de km^2 y está ocupada mayoritariamente por tres países RIOCC: España, Portugal y Andorra. Sus principales componentes son: la meseta central; las cordilleras interiores de la meseta que la subdividen en dos, norte y sur; las montañas que bordean la meseta; las montañas exteriores a la meseta; las depresiones del Ebro y Guadalquivir, encajadas entre las últimas y las montañas que bordean la meseta, y la atlántica del Tajo-Sado, y las llanuras litorales (Terán y Solé Sabarís, 1954a, 1954b). También forman parte del territorio de España y Portugal las islas Baleares en el mar Mediterráneo y las Azores y Canarias en el océano Atlántico.

1.4. El clima de los países RIOCC

1.4.1. Clima actual

La región RIOCC tiene gran variedad de climas debido a su enorme superficie repartida en tres continentes y territorios insulares, a su orografía y a las distintas condiciones de los mares adyacentes. Dado que la mayor parte de ella se encuentra entre los dos trópicos, sus climas son mayoritariamente de tipo tropical o subtropical. El principal factor que condiciona el clima de las regiones tropicales, además de la latitud, es la zona de convergencia intertropical (ZCIT), un cinturón de nubosidad alrededor del planeta en latitudes bajas y generalmente en el hemisferio norte, en el cual convergen los vientos alisios desde el norte y el sur de la misma, produciendo nubosidad y abundante precipitación en una banda de ancho variable (100 a 500 km). Su migración estacional en latitud debida a la variación de la radiación solar y sus fenómenos asociados determinan que gran parte de la región tenga una época de lluvia en el periodo estival con mayor circulación del viento desde el océano y un invierno seco con menor viento desde el océano, esto es, un clima de tipo monzónico.

Los climas de las regiones subtropicales de Latinoamérica se encuentran bajo el efecto de su interacción con los climas tropicales y de la circulación anticiclónica sobre los océanos subtropicales. Estos anticiclones son más intensos y estacionarios en la costa occidental, donde ocasionan climas áridos, y menos intensos e intermitentes en la costa oriental, donde su circulación favorece el aporte de humedad desde el trópico y desde los océanos. La Península Ibérica, por su parte, está bajo la influencia del Anticiclón de las Azores y de la circulación de los vientos del oeste. La migración estacional de estos sistemas sinópticos determina el clima mediterráneo que la caracteriza. A continuación, se describe brevemente el clima para cada una de las regiones (señaladas en la **Figura 1.4** de la sección anterior). Las **Figuras 1.5** y **1.6** muestran los rangos de temperatura media anual y precipitación anual para toda la región que conforman los países RIOCC.

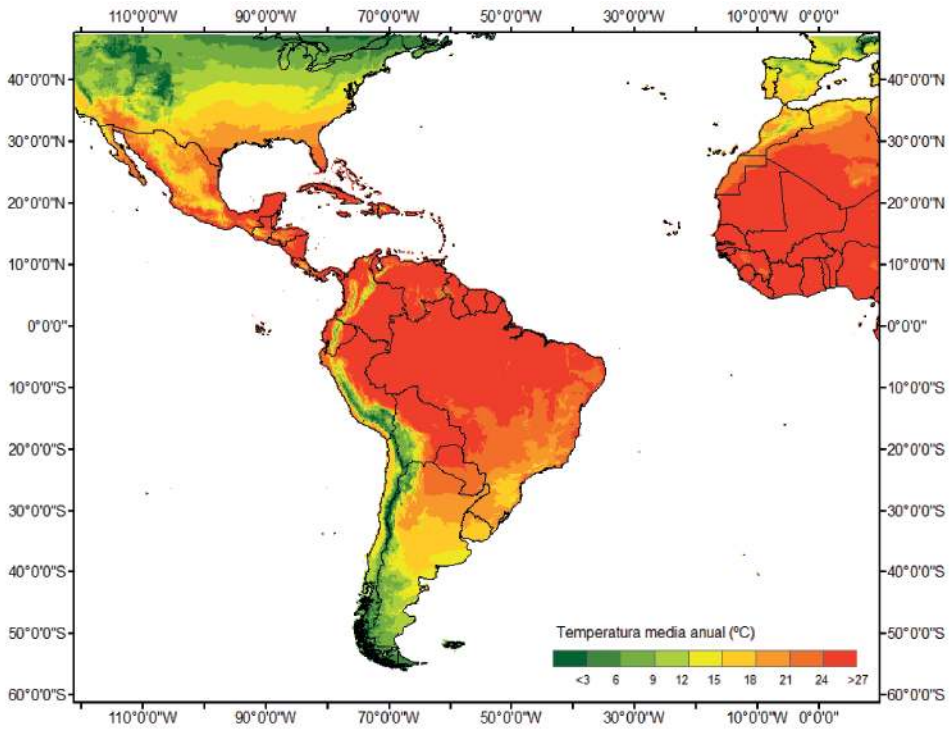


Figura 1.5. Temperatura media anual (°C), promedio para el periodo 1970-2000. Fuente: elaboración propia con datos de Fick y Hijmans (2017) y de WorldClim (2016).

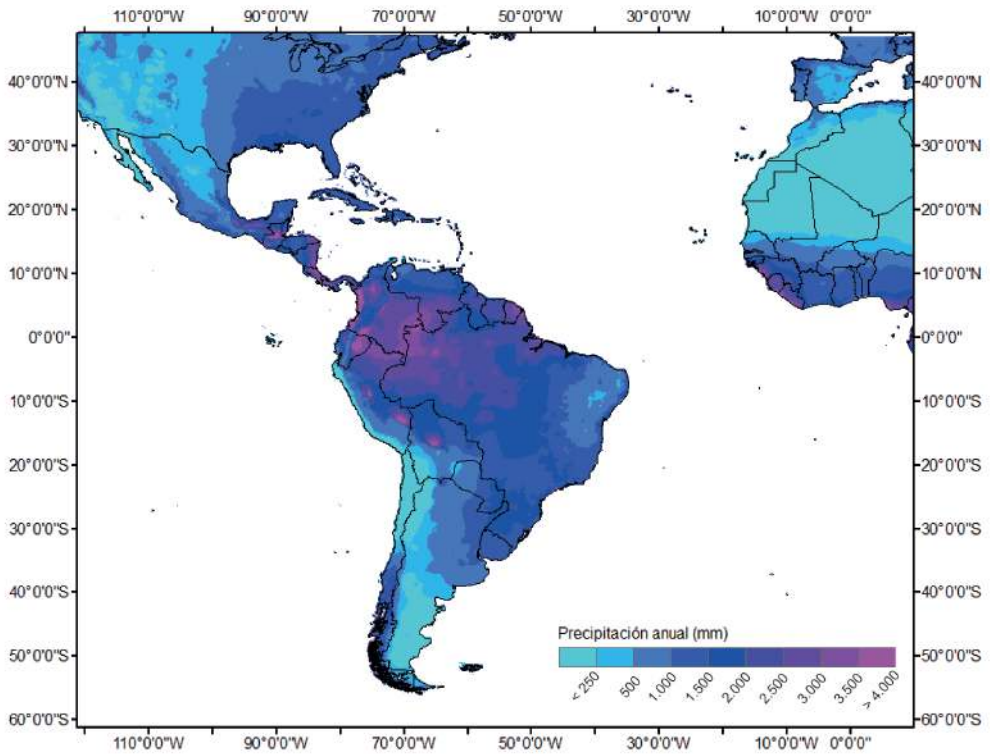


Figura 1.6. Precipitación anual (mm), promedio para el periodo 1970-2000. Fuente: elaboración propia con información de Fick y Hijmans (2017) y de WorldClim (2016).

1.4.1.1. México

El clima de México es muy diverso debido a su compleja orografía, su extensión en latitud y los océanos que lo rodean. En el noroeste, el Anticiclón del Pacífico Norte y la Corriente fría de California crean condiciones climáticas de tipo mediterráneo. A su vez, el sur y sudeste comparten las características cálidas y monzónicas del norte de América Central y sus costas se ven afectadas por huracanes. En las zonas elevadas de la meseta central las temperaturas son templadas y, dependiendo de la altura, frías, y las precipitaciones presentan mucha variabilidad espacial.

El clima es predominante seco en el centro y norte del país y desértico en Baja California, excepto en su parte norte. En las zonas áridas, las temperaturas son extremadamente cálidas durante el día y muy frías durante la noche. En cambio, en las costas del golfo de México y del océano Pacífico el clima es húmedo y cálido, y las precipitaciones se concentran mayormente durante la parte estival del año (Mosiño y García, 1974).

1.4.1.2. Centroamérica y Caribe

Los principales factores que determinan el clima de la región de Centroamérica y Caribe son su baja latitud y la ZCIT con su fluctuación estacional. Es, además, importante la temperatura del mar Caribe y del océano Pacífico próximo a sus costas. La temperatura media mensual del Caribe y del Pacífico cercano oscila entre 26 °C en abril y 28 °C en octubre. El límite para la formación de tormentas y ciclones tropicales es 27 °C, por lo que la temporada de huracanes en el Caribe se extiende de agosto a octubre, mientras que en el Pacífico cercano a América Central finaliza un mes antes. La zona de huracanes está restringida en latitud porque deben estar cercanos a la ZCIT y no muy próximos al ecuador (Barry y Chorley, 1992). Aunque los huracanes con sus precipitaciones, vientos intensos y mareas son fuentes de desastres materiales y pérdida de vidas, el aporte que hacen a la precipitación anual es importante para evitar las sequías (Alfaro, 2014).

América Central es una estrecha franja de continente entre dos zonas oceánicas muy cálidas. Las tierras bajas son las más calurosas en ambas costas, mientras que las zonas altas del interior son más templadas. Otra característica del clima de esta región es que el rango diario de la temperatura es mucho mayor que el estacional. Las temperaturas medias mensuales de la región varían entre 24 °C y 28 °C, excepto en su zona norte, donde, en general, son algo menores. La precipitación anual aumenta de norte a sur mostrando una gran diversidad espacial, que va desde zonas áridas, con

alrededor de 400 mm anuales, a algunos lugares con más de 4.000 mm. Excepto en Costa Rica y Panamá, donde por la proximidad de la ZCIT llueve todo el año, la precipitación presenta claramente dos estaciones: la seca o menos lluviosa, que empieza en noviembre o diciembre, y la húmeda, que comienza en mayo (Vargas Ulate, 2001).

Las temperaturas de Cuba y República Dominicana son próximas a las del mar, excepto en las zonas altas, y con poca variación estacional. La lluvia está condicionada por la proximidad de la ZCIT, con una época seca desde noviembre hasta abril en la que llegan frentes fríos. Los promedios anuales de precipitación varían mucho con la orografía, de 600 a más de 2.000 mm, con promedios espaciales del orden de 1.000 a 1.500 mm (Lecha Estela *et ál.,* 1994).

La precipitación en la costa y las islas cercanas al Caribe en Colombia y Venezuela varía de 300 mm hasta más de 2.500 mm en algunas laderas de las montañas cercanas, aunque en general se encuentra entre 500 mm y 1.500 mm. La variabilidad espacial se debe a la orientación de la costa respecto de los vientos alisios y a la orografía. La variación estacional está determinada por el doble pasaje de la ZCIT; así, la época lluviosa ocurre de mayo a noviembre y el periodo seco, o menos lluvioso en algunos lugares, de enero a abril (Snow, 1976). La temperatura es elevada, con una media anual mayor a 25 °C, excepto en las zonas altas, lo que agudiza las condiciones semidesérticas en las áreas con poca precipitación. La época más cálida se registra antes y después de la temporada lluviosa. La variación estacional de la temperatura es de unos 2 °C en la costa y hasta 5 °C en el interior y siempre menor que su rango diario (Hijmans *et ál.,* 2005).

El norte de la costa de Colombia en el Pacífico está influenciado por los vientos oeste ecuatoriales, lo que da lugar por el ascenso forzado en las laderas de los Andes a una de las regiones más lluviosas de la Tierra, con más de 5.000 mm anuales y máximos de hasta 7.000 mm (IDEAM, 2015). Esta precipitación no tiene mucha variación anual porque está determinada por la posición de la contracorriente ecuatorial cálida del Pacífico que se mantiene con poco cambio en latitud durante todo el año.

1.4.1.3. Andino-Pacífico Norte (APN)

El clima de la región costera está dominado por la circulación del Anticiclón del Pacífico Sur que provoca una fuerte subsidencia que inhibe la precipitación. A ello contribuye también la componente del viento paralela a la costa que provoca la surgencia de agua muy fría. Por ambos efectos, la región costera entre 27°S y 5°S es una de las zonas más áridas del planeta (Johnson, 1976).

La subsidencia genera también una inversión térmica, en general por debajo de los 1.000 m de altura. La humedad del aire atrapado por la inversión térmica y en contacto con el agua fría se condensa dando lugar a nieblas, neblinas y nubes estratiformes, por lo cual se lo denomina desierto neblinoso. Otro efecto de la inversión térmica es que al impedir la mezcla vertical del aire se producen condiciones propicias para la contaminación atmosférica, que es particularmente severa en las grandes ciudades, sobre todo cuando están situadas en valles.

La temperatura del aire es bastante homogénea, con poca variación en latitud por el efecto de las aguas frías de la costa y los cielos cubiertos por nieblas y estratos. Hacia el interior del continente, las nieblas son menos frecuentes, pero la mayor altura en las montañas precordilleranas, valles y cordillera previene las altas temperaturas propias de la latitud (Johnson, 1976).

El extremo norte de esta región es una zona de transición con inviernos australes secos y veranos más húmedos. El clima de esta zona presenta una gran variabilidad espacial como resultado de la orografía, las corrientes marinas y los accidentes de la costa. En ella, la Corriente fría del Perú converge con la cálida de El Niño. La zona de encuentro entre ambas corrientes varía con la época del año, alcanzando su posición más austral a fin de diciembre. Junto con la Corriente de El Niño se dan en esta región de transición condiciones más lluviosas. El fenómeno del mismo nombre que abarca todo el Pacífico tropical, aunque no es periódico, se produce cada tres a ocho años y afecta al clima de esta región, pero también al de otras regiones de Iberoamérica (Ropelewski y Harpert, 1987).

El clima de la región andina es muy variable en su temperatura, dependiendo de la altura. En la zona tropical algunos valles son templados, pero en la montaña y la región de la Puna es en general seco y frío, con grandes amplitudes térmicas entre el día y la noche, que pueden llegar a más de 25 °C.

1.4.1.4. Andino-Pacífico Central

El clima de esta región es de transición entre el de la Patagonia y el de la región APN. Como el Anticiclón del Pacífico Sur se desplaza unos 10° en latitud, hacia el sur en el verano y hacia el norte en el invierno, la región queda bajo su influencia en el verano, que por lo tanto es seco. En esa estación, la atmósfera presenta las condiciones ya descritas para la región APN. En invierno la región queda con frecuencia bajo la circulación de los vientos del oeste con pasajes de frentes fríos y ciclones extratropicales que producen lluvias en los valles y zonas costeras y nevadas en las zonas montañosas (Miller, 1976). Por esas características estacionales, el clima de esta región se denomina mediterráneo.

En esta región la cordillera de los Andes presenta alturas elevadas donde hay numerosos glaciares. En ellos y en general en las zonas altas se acumula nieve en invierno, que se deshiela en primavera y verano dando lugar a ríos a ambos lados de la cordillera.

1.4.1.5. Patagonia

La Patagonia se extiende desde los 38°S y se angosta hacia el sur como una cuña entre los dos grandes océanos del hemisferio. En consecuencia, las amplitudes térmicas

tanto diarias como anuales no son tan grandes como en otras regiones continentales de similares latitudes. Aunque la Patagonia se extiende meridionalmente por más de 1.500 km, el mayor contraste térmico se da por la altura y la mayor o menor cercanía del mar.

Los predominantes vientos del oeste acarrean aire húmedo desde el océano y son frecuentes los pasajes de frentes y ciclones extratropicales. El aire húmedo, al ascender sobre la cordillera, se enfría y condensa, lo que da lugar a abundante nubosidad y precipitación, hasta más de 2.000 mm anuales sobre Chile y una angosta franja del lado argentino (Inzunza, 2018). De este modo, las masas de aire pierden su humedad y el resto de la Patagonia argentina solo recibe aire seco desde el oeste. Así, en la mayor parte de esta región la precipitación anual es inferior a 200 mm y en algunos parajes aun menores a 100 mm. Las precipitaciones son algo mayores en el noroeste y en la isla de Tierra del Fuego (Barros y Camilloni, 2016).

1.4.1.6. Amazonia

El clima de la región de la Amazonia está determinado por la baja latitud y por la posición fluctuante de la ZCIT durante el año. En el verano boreal la ZCIT se sitúa sobre el sur del Caribe y norte de América del Sur, por lo que la zona norte del Amazonas recibe abundante precipitación, mientras el resto de la región, bajo el efecto de los movimientos descendentes compensatorios, es seca. Esto se invierte durante la mitad estival austral por el calentamiento del continente.

La precipitación sobre casi toda la región es mayor a 2.000 mm anuales, llegando en la región nororiental a más de 3.000 mm (Figueroa y Nobre, 1990; Marengo *et ál.,* 2018b). La temperatura media anual es mayor a 24 °C y en el centro de la región, superior a 27 °C y, en general, tiene poca variación anual (Fisch *et ál.,* 1998).

1.4.1.7. Nordeste de Brasil

La región del Nordeste de Brasil se encuentra bajo la influencia de los alisios, especialmente en las zonas costeras, y de la ZCIT, que se ubica en el norte de la región entre febrero y mayo. A esto se suma un relieve con dos mesetas y una depresión entre ellas a la que llega poca humedad, y en el sur de la región la acción del Anticiclón del Atlántico Sur, que en el invierno penetra en el continente. Esto determina una gran variabilidad de climas que, en términos generales, se pueden caracterizar como monzónicos y en el interior, además, como semiáridos y áridos, con precipitaciones medias anuales inferiores a 650 mm a tan solo 200 km de la costa y con altas temperaturas propias de la latitud. La región costera recibe la humedad atlántica, y sus precipitaciones, aunque variables geográficamente, se encuentran en general por encima de 1.200 mm y en algunas zonas de 2.000 mm. En la costa, bajo el influjo de los alisios, el clima es marítimo y durante el año la temperatura se mantiene en valores medios de entre 24 °C y 26 °C. En la región interior, varía entre 18 °C y 22 °C en el sur y de 24 °C a 28 °C en el norte. En ambos casos, la diferencia en alturas agrega variabilidad espacial (Leal de Quadro *et ál.,* 2018). Las sequías son recurrentes en esta región (Marengo *et ál.,* 2019; Brito *et ál.,* 2018).

1.4.1.8. Sudeste de Sudamérica

El sudeste de Sudamérica presenta gran variedad de condiciones climáticas que dependen de la latitud, la altitud y la circulación atmosférica. El clima de toda la región está condicionado, además, por la cordillera de los Andes, que constituye una barrera que impide el intercambio de masas de aire en capas bajas, y por consiguiente las fuentes de aire húmedo para las precipitaciones se limitan a la Amazonia y al Atlántico.

Tratándose de una región subtropical con vientos frecuentes de componente norte, los inviernos son moderados y los veranos cálidos. En una región tan grande, las temperaturas medias anuales varían con un amplio rango. La zona más cálida en enero es el Chaco paraguayo, con una temperatura media superior a 29 °C. En julio, los gradientes meridionales son más importantes, con temperaturas tan bajas como 8 °C en el sur de la región y 20 °C en el Chaco paraguayo, el Pantanal y en la parte más septentrional de esta región en Brasil (Prohaska, 1976).

Durante el verano, la característica más notoria del clima regional es la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS). Se trata de una prolongación de la nubosidad convectiva de la Amazonia en forma de una banda de ancho variable (de 500 a 1.000 km) que se extiende hacia el sudeste, hasta los 20°S, y se interna unos 1.000 km en el Atlántico (Kodama, 1992). La ZCAS presenta fluctuaciones en su intensidad, y en menor medida en su latitud, con duración de sus fases intensa y débil que van de algo menos de 10 días a más de 20 y hasta ocasionalmente 30 días (Nogués-Paegle y Mo, 1997). Cuando la ZCAS es intensa, el aire que llega desde la Amazonia se dirige hacia la misma, mientras que cuando es débil lo hace hacia la cuenca del Plata, alimentando sus precipitaciones. El aire que asciende cuando la ZCAS es intensa es compensado con movimientos descendentes al sur de la misma, lo que induce una circulación anticiclónica como prolongación del Anticiclón del Atlántico Sur hasta, aproximadamente, 40°S y hasta los Andes. En estas condiciones, la región al sur de la ZACS es seca, mientras que cuando esta se encuentra en su fase débil es lluviosa. Cuando la ZCAS se halla en su fase intensa, la circulación anticiclónica lleva aire húmedo del Atlántico hacia el oeste, lo que favorece precipitaciones en el Chaco (gran región que se extiende por el oeste de Paraguay y Argentina y el este de Bolivia) y sobre las laderas de las serranías y precordillera en el norte argentino y el sur de Bolivia (Doyle y Barros, 2002).

Durante el resto del año, la circulación desde el Atlántico aporta humedad en el este de la región, mientras que la menor humedad en la Amazonia, especialmente en el invier-

no, reduce el aporte de humedad hacia el Chaco y hacia todo el oeste de la región. Como resultado, la precipitación estacional de la región oeste, desde el Pantanal hasta 38°S, presenta características monzónicas. En cambio, en el este de la región, debido a la disponibilidad de vapor de agua, llueve indistintamente durante todo el año, aunque con algunas variaciones estacionales no muy marcadas. De esta forma, la región presenta un gradiente de precipitación básicamente zonal y, en menor medida, meridional con la precipitación media anual, disminuyendo hacia el oeste y el sur, variando desde 2.000 mm en el nordeste a menos de 100 mm en su extremo sudoeste (Barros y Camilloni, 2016).

1.4.1.9. Península Ibérica

La orografía, los mares que la rodean y la circulación atmosférica condicionan el clima de la Península Ibérica. La cercanía del Anticiclón de las Azores y su prolongación en el Sahara causan el clima mediterráneo preponderante en la mayor parte de la península, ya que, al migrar hacia el norte en verano, determinan un clima seco y caluroso, y al retirarse hacia el sur en invierno permiten la entrada de la circulación de los vientos oeste desde el Atlántico, con sus frentes fríos y ciclones extratropicales con sus precipitaciones asociadas. La excepción al clima mediterráneo son las regiones cercanas al Atlántico y del norte, en el mar Cantábrico, y las aledañas a los Pirineos, que siguen recibiendo los frentes desde el océano, aun en verano, aunque con menor frecuencia.

El limitado acceso de aire húmedo y las dimensiones de la península favorecen un clima de tipo continental en su interior, con veranos cálidos e inviernos muy fríos; esto último se ve agravado por la altura sobre el nivel del mar de unos 600 m. En esta región, la temperatura media anual es de 12 °C a 17 °C, pero se dan máximas extremas en verano de alrededor de 40 °C y mínimas en invierno de hasta -10 °C. Galicia, la costa cantábrica y los Pirineos son más fríos, pero con mínimas más moderadas que en el interior de la península. A pesar de los vientos que traen humedad desde los mares circundantes, en muchas zonas del interior la abrupta orografía limita su acceso, lo que da lugar a un clima semiárido y lo cierra en el caso de la zona árida sudoriental de la península. Las condiciones semiáridas se atenúan en el Levante y más aún en Cataluña. Las regiones del norte de Portugal y de la costa norte desde Galicia hasta los Pirineos son las más húmedas, con más de 1.000 mm anuales (Capel Molina, 2000).

1.4.2. Cambios climáticos recientes

En casi toda Latinoamérica al igual que en Iberia se ha registrado un aumento de la temperatura durante las últimas décadas (**Figura 1.7**) (Hartmann *et ál.,* 2013). Este calentamiento es estadísticamente significativo, excepto en la zona costera occidental y en el sur de América del Sur. Solo en la zona costera en el sur y centro de Chile y en el extremo sur de la Patagonia se ha observado algún enfriamiento (Falvey y Garreaud, 2009). La zona donde se ha registrado el mayor calentamiento es el centro y norte de México (entre 0,6 °C y 0,9 °C en 30 años). Estos aumentos de la temperatura son atribuibles en los promedios continentales a la actividad humana, como indica la Figura 10.7 del Informe del IPCC AR5, WGI (Kirtman *et ál.,* 2013).

La **Figura 1.7** muestra también las tendencias de la precipitación anual entre 1951 y 2010. En buena parte del territorio latinoamericano los datos no son suficientes o adecuados para poder estimar esas tendencias. Aun así, se han observado algunas que son positivas en una amplia zona del sudeste de América del Sur, e incluso relevantes en la provincia de Buenos Aires. En cambio, se han registrado reducciones significativas de la precipitación en regiones de América Central y sur de México, en la Península Ibérica, particularmente en el sur y este (Rodrigo y Trigo, 2007; De Luis *et ál.,* 2009), y en la región con clima mediterráneo de Chile, donde la tendencia negativa lleva más de 100 años. En el caso del sudeste de América del Sur, la tendencia positiva observada es atribuible al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (Vera y Díaz, 2015).

En las últimas décadas, el efecto combinado de los cambios en temperatura y precipitación ha alterado el balance hídrico en algunas regiones. El caso más ostensible es el de la Península Ibérica, donde las menores precipitaciones y las mayores temperaturas están tendiendo a reducir la escorrentía en algunas cuencas (Estrela *et ál.,* 2012; Vicente-Serrano *et ál.,* 2014). En estos casos se hace evidente la necesidad de medidas de adaptación ante los cambios ya ocurridos. Lo opuesto se ha dado en gran parte de la Argentina subtropical (Barros y Camilloni, 2016), donde el clima más húmedo favoreció la agricultura y posibilitó su expansión hacia zonas otrora semiáridas (Zak *et ál.,* 2008). En la región de clima mediterráneo de Chile, las menores precipitaciones estuvieron acompañadas también de mayores temperaturas en la mayor parte del territorio, excepto en ciertas zonas costeras (Falvey y Garreaud, 2009).

Desde 1960 se han estado registrando extremos inusuales, sea en magnitud o frecuencia o en ambos, de noches y días cálidos en toda Latinoamérica y en la Península Ibérica (Vincent *et ál.,* 2005; Fernández-Montes y Rodrigo, 2012). Esto mismo se encuentra para las precipitaciones intensas en Latinoamérica (Seneviratne *et ál.,* 2012). Pero cuando se calculan las tendencias entre 1910 y 2010, la coherencia geográfica del signo de cambio no es clara, excepto para América Central y la región al este de los Andes en América del Sur, desde 15 a 40° S, en donde dominaron las tendencias positivas de las precipitaciones intensas (Asadich y Krakauer, 2015). En la Península Ibérica se observó un incremento en los días con lluvias ligeras entre 1903 y 2003 (Gallego *et ál.,* 2011). Observaciones más recientes (entre 1950-2012) muestran que esta tendencia va acompañada por otra negativa de los eventos de lluvias altas y muy altas (Serrano-Notivoli *et ál.,* 2018).

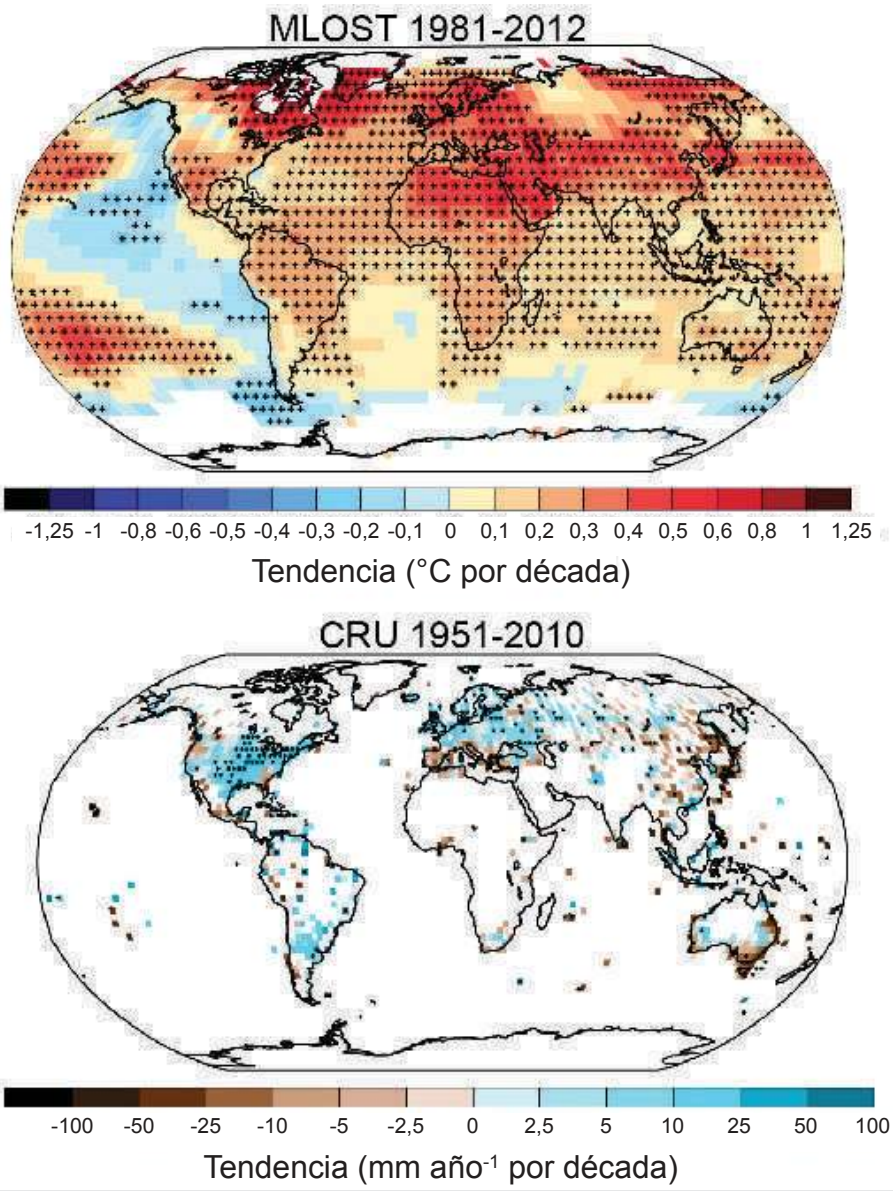


Figura 1.7. Tendencias en la temperatura superficial (°C) para el periodo 1981-2012 (mapa superior, conjunto de datos NCDC MLOST) y en la precipitación anual (mm año^{-1} por década) para el periodo 1951-2010 (mapa inferior, conjunto de datos CRU, tendencias calculadas solo para las cuadrículas con más del 70 % del registro completo y más del 20 % de los datos disponibles en los deciles primero y último). Las áreas en blanco indican falta de datos. Los signos positivos (+) señalan las cuadrículas donde las tendencias son significativas con nivel de confianza del 90 %. Fuente: modificada a partir de las Figuras 2.22 y 2.29 del informe del WGI del AR5 del IPCC (Hartmann *et ál.,* 2013).

1.4.3. Proyecciones del clima futuro

El reciente informe especial del IPCC Calentamiento Global de 1,5 °C indica que entre 2030 y 2052 se podría llegar con alta probabilidad a un calentamiento de 1,5 °C por encima del nivel preindustrial (Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2018). Si no se adoptan reducciones importantes en las emisiones de GEI, los 2 °C se podrían alcanzar algo antes de 2050, o más probablemente un poco después. Ambos escenarios se producirían en el horizonte de planificación y por lo tanto son una guía importante para las medidas y políticas de adaptación.

En la Península Ibérica y en casi toda Latinoamérica el calentamiento estaría entre 1,5 y 2 °C en el escenario 1,5 °C y entre 2 y 3 °C en el escenario de 2 °C, excepto en el sur de América del Sur, en el que sería algo menor. En ambos esce-

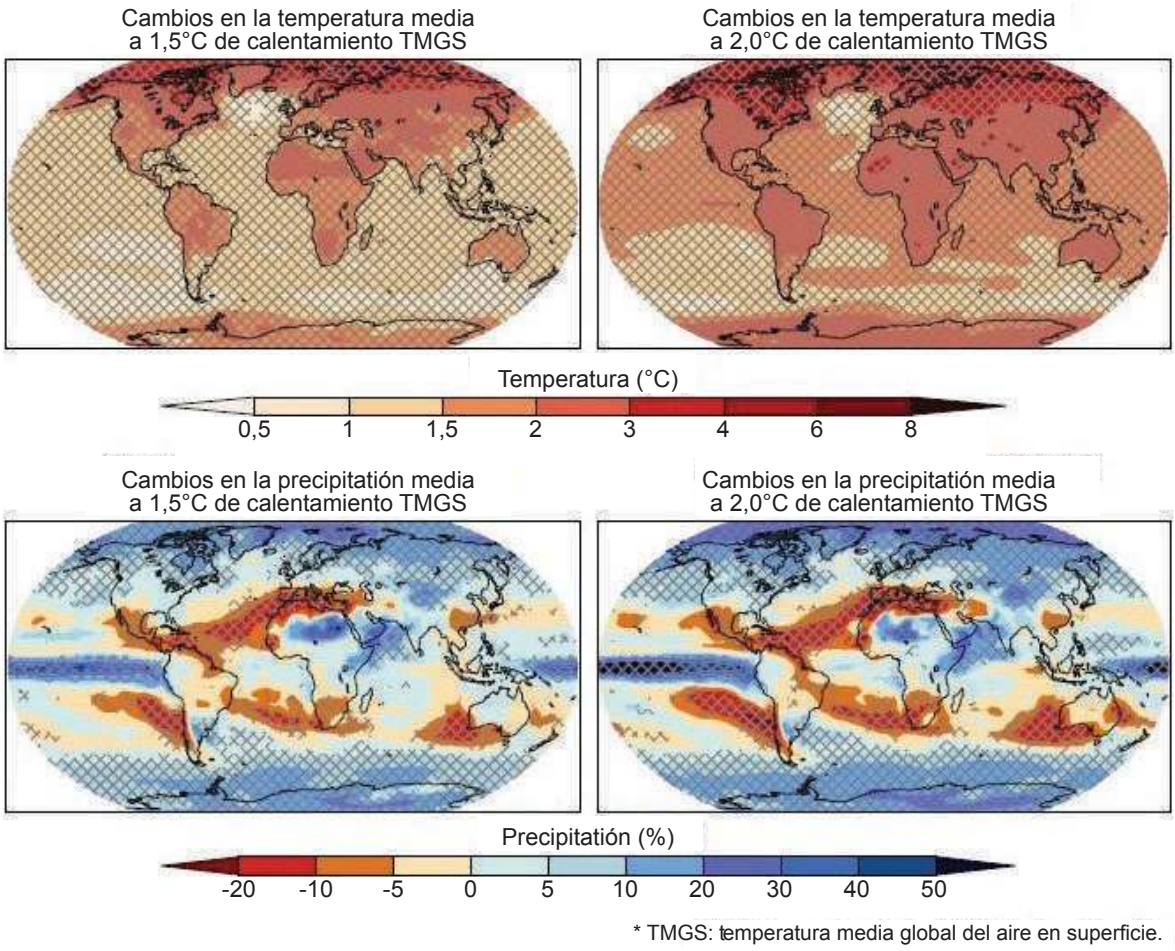


Figura 1.8. Cambio proyectado en la temperatura media de superficie (°C, arriba) y en la precipitación media (%, abajo) en los escenarios de calentamiento global de la temperatura de superficie de 1,5 °C (izquierda) y de 2 °C (derecha) con respecto al periodo preindustrial 1861-1880. El sombreado en equis (x) marca las cuadrículas donde al menos 18 de 26 modelos concuerdan en el signo del cambio a modo de señal de robustez. Fuente: modificada a partir de la Figura 3.3 del informe especial del IPCC sobre 1,5 °C de calentamiento (Hoegh-Guldberg *et ál.*, 2018).

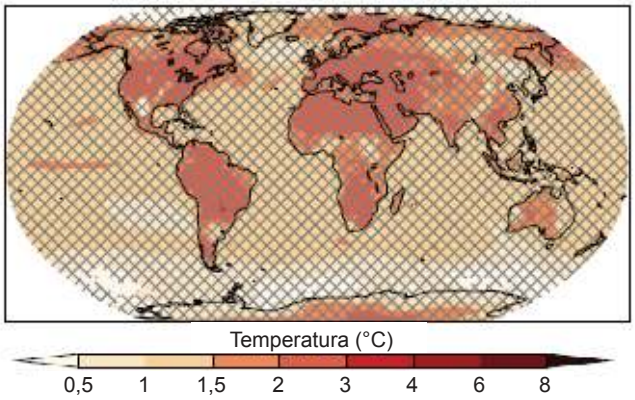
narios se proyectan reducciones de la precipitación media, en general entre un 5 y un 10 % en la Península Ibérica, México, América Central, el Caribe y su costa de América del Sur y en gran parte de Chile y la Patagonia argentina, así como en algunas regiones de Brasil, país donde predominarían reducciones inferiores al 5 %. Solo para Argentina central y Uruguay se proyectan aumentos de entre el 5 y el 20 %, que en algunas zonas serían significativos (**Figura 1.8)**.

En varias regiones las proyecciones mantienen las tendencias ya observadas, lo que les otorga mayor credibilidad. Es el caso de las tendencias negativas de la precipitación en el centro y sur de Chile. También lo es en el sur de México y norte de América Central y en la Península Ibérica, lo que junto con el calentamiento configura un escenario desfavorable en la disponibilidad hídrica para los próximos años. Por el contrario, en parte de Argentina y Uruguay las proyecciones indican una continuidad o al menos el mantenimiento de los cambios ya ocurridos que produjeron condiciones más húmedas.

Las proyecciones de los indicadores de extremos térmicos son consistentes con las de la temperatura media. Como ejemplo, la **Figura 1.9** muestra el cambio en la temperatura máxima del día más caliente del año en el escenario 1,5 °C. En la Península Ibérica y en casi toda Latinoamérica esta temperatura aumentaría entre 1,5 y 2 °C. La misma figura muestra los cambios proyectados para las precipitaciones máximas anuales acumuladas en cinco días, las cuales aumentarían entre un 0 y un 10 % en toda la región, con alguna excepción en Chile y América Central.

De particular importancia en el contexto del cambio climático son las proyecciones de las olas de calor. En un escenario de moderado aumento de las emisiones, los periodos del

Cambios en la temperatura del día mas cálido (TXx) a 1,5 °C de calentamiento TGMS



Cambios en las precipitaciones extremas (lluvia x 5 días) a 1,5 °C de calentamiento TGMS

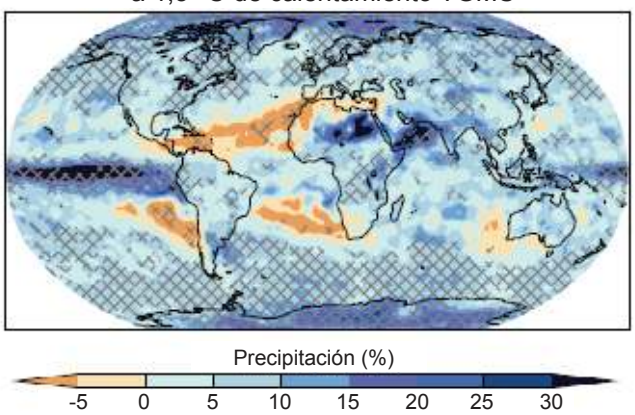


Figura 1.9. Cambio proyectado en la temperatura máxima del día más cálido del año (°C, mapa superior) y en la mayor precipitación del año acumulada en cinco días (%, mapa inferior) para el escenario de calentamiento global de 1,5 °C con respecto al periodo preindustrial 1861-1880. El sombreado en equis (x) marca las cuadrículas donde al menos 18 de 26 modelos concuerdan en el signo del cambio a modo de señal de robustez. Fuente: modificada a partir de la Figura 3.4 del informe especial del IPCC sobre 1,5 °C de calentamiento (Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2018).

año con lo que hoy se considera como ola de calor aumentarían a fin del siglo (2081-2100) respecto del periodo preindustrial en toda la región; entre 60 y 200 días más en la región entre ambos trópicos; entre 60 y 90 días en México y Península Ibérica, y de 5 a 30 en el sur de América del Sur (Sillmann *et ál.,* 2013). Otros eventos meteorológicos extremos importantes son las sequías. El número de días consecutivos secos para el mismo escenario y horizonte temporal se proyecta en aumento en toda la región; en general entre 1 y 5 días, excepto en Brasil y la costa de Venezuela, donde sería de entre 15 y 25 días, al igual que en algunas zonas de Chile, América Central y México (Sillmann *et ál.,* 2013).

1.5. Biogeografía de la región: sistemas naturales

1.5.1. Sistemas terrestres

La gran variedad de climas y sustratos de la región RIOCC hace que exista una representación de buena parte de los biomas del mundo (**Figura 1.10**), así como una gran diversidad dentro de ellos. En la región se encuentran la mayor zona boscosa de pluvisilva tropical del mundo y de biodiversidad, como es la Amazonia, con hasta 300 especies arbóreas por hectárea (Gentry, 1988), los humedales más grandes del mundo, como el Pantanal (Silva *et ál.,* 1998), o los desiertos más extremos del planeta, como el de Atacama, con precipitaciones que apenas exceden los 2 mm/a en algunas zonas (Marquet *et ál.,* 1998).

A continuación, se describen brevemente los principales biomas de la región siguiendo la clasificación de Olson *et ál.* (2001). La distribución geográfica de los diversos biomas y su diferenciación en zonas ecológicas (según dicha clasificación) puede consultarse *on-line* en https://ecoregions2017.appspot.com/ (Ecoregions, 2017).

- *Praderas, sabanas y arbustedas tropicales y subtropicales.* Es el segundo bioma en extensión y se caracteriza por estar formado por praderas altas, arboladas o no, o arbustos altos y árboles de bajo de porte que se extienden en zonas donde la precipitación es elevada, pero donde se da una época de sequía estival de varios meses al año. La mayor representación de este bioma se encuentra en el Cerrado de Brasil, que cubre un 20 % del país. La vegetación varía desde bosques de árboles de bajo porte a parques con árboles dispersos, arbustedas y praderas (Oliveira-Filho y Ratter, 2002). Este bioma se extiende también por Los Llanos de Venezuela y las Guayanas, así como en la zona costera del oeste del golfo de México, hacia el norte. Hacia el sur nos encontramos con el monte seco o húmedo del Chaco argentino y las praderas uruguayas. El fuego juega un papel fundamental en el mantenimiento de este bioma (Lehman *et ál.,* 2014).

- *Bosques tropicales y subtropicales de latifolios secos.* En las zonas tropicales y subtropicales, al abrigo de las lluvias, nos encontramos con el bioma de los bosques tropicales y subtropicales de latifolios secos, con una gran diversidad de ecosistemas que varían según el grado de sequía. Dentro de este bioma tenemos la Caatinga brasileña, que está formada por arbustedas secas y árboles pinchosos de hojas pequeñas que pierden durante la larga estación seca, así como por cactáceas y otras plantas de hojas crasas. La precipitación es inferior a 1.000 mm, que caen en un periodo corto (de tres a seis meses) y con muy alta variabilidad anual, dando lugar a prolongados periodos de sequía (Veloso *et ál.,* 2012). Este bioma también lo encontramos en el interior del continente sudamericano, en el límite con la Amazonia,

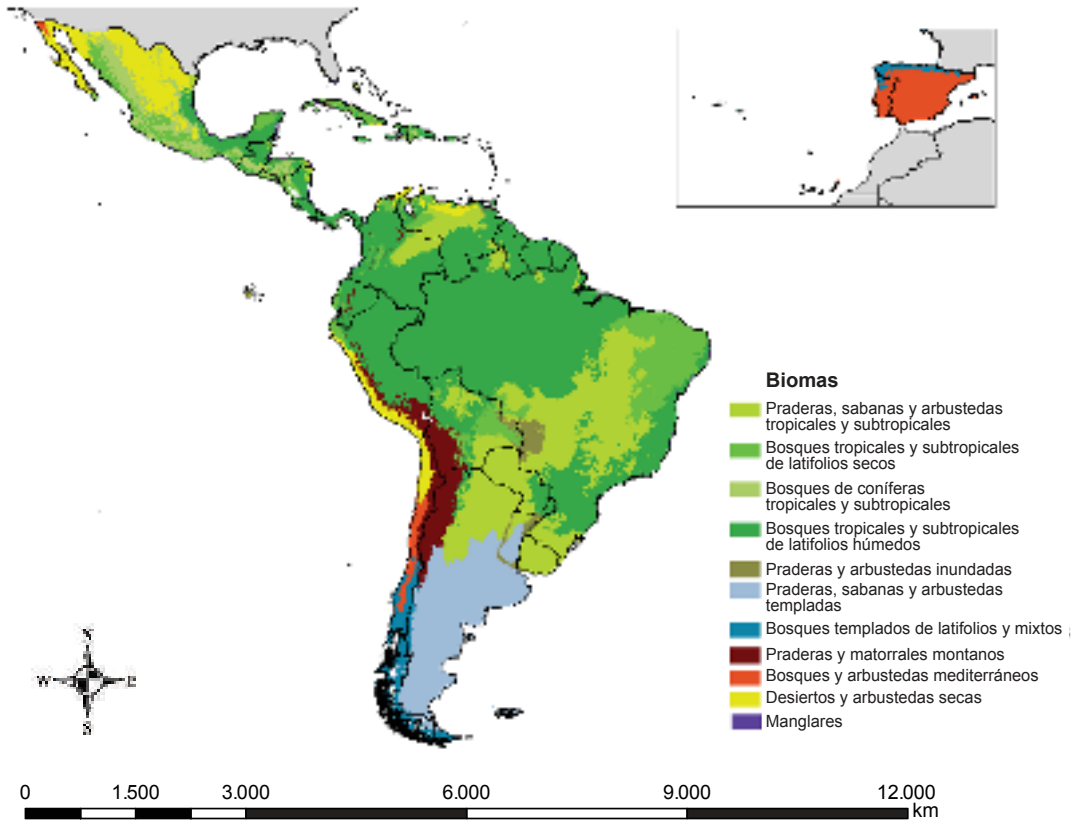


Figura 1.10. Distribución de los principales biomas en Latinoamérica y la Península Ibérica. Fuente: elaboración propia a partir de Olson *et ál.* (2001), datos de Ecoregions (2017).

extendiéndose por el sur de Bolivia (bosque chiquitano), Brasil (estados de Mato Groso do Sul y Rondonia), Perú (departamentos de Tumbes y Piura, en la costa pacífica), costa de Ecuador y en el Caribe colombiano y venezolano. En América Central y del Norte este bioma se encuentra en la parte occidental del istmo de Panamá, extendiéndose hasta el sur de México, así como en la península de Yucatán, en la vertiente atlántica, y en las Antillas Mayores, particularmente en Cuba, con el bosque seco cubano.

- *Bosques de coníferas tropicales y subtropicales.* Están compuestos por pinos y frondosas, y se extienden desde las montañas de Nicaragua hasta el norte de México, ocupando buena parte del cinturón volcánico, Sierra Madre del Sur y Sierra Madre Occidental de este país. La vegetación varía desde bosques dominados por pinos a otros mixtos en los que los encinos (género *Quercus*) y madroños (*Arbutus*) son abundantes (González-Elizondo *et ál.,* 2012). También existe representación de este bioma en la isla de La Española.
- *Bosques tropicales y subtropicales de latifolios húmedos.* En el entorno del ecuador, tanto hacia el norte como, sobre todo, hacia el sur, nos encontramos el bioma de los bosques tropicales y subtropicales de latifolios húmedos, o pluvisilva tropical, en las zonas en las que la lluvia está presente durante todo el año o la mayor parte de él. Su mayor representación se encuentra en la cuenca del río Amazonas. La precipitación oscila entre 2.000 y 3.500 mm (Fisch *et ál.,* 1998), pero en algunas zonas puede superar los 6.000 mm y llegar a 9.000 mm (Espinoza Villar *et ál.,* 2009). Este tipo de vegetación se extiende también de manera continua por la costa pacífica de Ecuador y Colombia, el istmo de Panamá, sobre todo en el lado oriental, hasta Veracruz, en el sur de México, así como en las Antillas Mayores (Cuba, República Dominicana). Al sur del ecuador, más allá de la Amazonia, se extiende por la costa atlántica de Brasil, hasta la cuenca norte del Paraná, en el interior, siendo su representante sureño más significado la cuenca del río Iguazú, en la provincia de Misiones (Argentina). Existe una enorme diversidad de bosques dentro de este bioma, desde los bosques más puros de planifolios, con alturas de 50 metros y varios estratos, hasta los bosques de araucarias en el este de Brasil.
- *Praderas y arbustedas inundadas.* Los humedales tienen su máxima representación en el Pantanal, que es una llanura aluvial que se inunda periódicamente y forma el

mayor humedal del mundo (Silva *et ál.,* 1998). Ocupa una superficie de 350.000 km^2, afectando mayoritariamente a Brasil (estado de Mato Grosso do Sul) y a partes de Bolivia y Paraguay. Este bioma se extiende también por Argentina, con las praderas del Cono Sur mesopotámico, cuya mayor representación la tenemos en los Esteros del Iberá, así como en las sabanas inundables del río Paraná.

- *Praderas, sabanas y arbustedas templadas.* Formación constituida por gramíneas y arbustos de bajo porte. Una de las representaciones más típicas de este bioma lo tenemos en la Pampa húmeda, formada por gramíneas altas con árboles (algarrobo) ocasionales, en zonas generalmente de llanura. Se extiende por el centro de Argentina, siendo el área más poblada de este país (Soriano, 1991). Bordeando esta región, por el norte, oeste y sur, disminuye la precipitación, dando lugar a formaciones de espinal, caracterizadas por monte bajo, arbustos espinosos y pastos duros. Hacia el sur, desde los Andes hasta el Atlántico, nos encontramos con el monte bajo, vegetación árida formada por arbustos pinchosos y gramíneas duras. Finalmente, en el sur del continente, se halla la estepa patagónica, formada por gramíneas y arbustos bajos, propios de ambientes áridos y fríos, con heladas prácticamente en cualquier época del año y vientos intensos y constantes (Soriano, 1983).

- *Bosques templados de latifolios y mixtos.* En el continente sudamericano, en el centro y sur de Chile y partes del sudoeste de Argentina, nos encontramos con una formación arbórea, multiestratificada de plantas con hojas siempre verdes, en ambientes templados y oceánicos, con precipitación abundante, denominada bosque o selva valdiviana. Es la única representación de bosques húmedos templados en el continente (Armesto *et ál.,* 1991). En el norte de la Península Ibérica hay bosques de hayas y robles, de hoja caduca en invierno, que se extienden desde el oeste de España y norte de Portugal hasta Francia (Blanco *et ál.,* 1997). Por último, en el sur de Chile y Argentina, destaca el bosque subpolar magallánico, que discurre de norte a sur, hasta Tierra de Fuego. Lo forman especies diversas de *Nothofagus,* distinguiéndose tres tipos de vegetación: bosques pluviales siempreverdes, bosques deciduos y, en las zonas con precipitación muy elevada, tundra magallánica (Armesto *et ál.,* 1991).

- *Praderas y matorrales montanos.* Este bioma está bien representado en las zonas de alta montaña, sobre todo en América del Sur, por encima del nivel de bosque cerrado, con tipos de vegetación diferenciados según la latitud en función de la temperatura y precipitación (páramo, puna, monte). En el entorno tropical (entre 11ºN y 8ºS) del noroeste del continente sudamericano, en zonas de alta montaña (en general, por encima de 2.800-3.200 m hasta 4.500-4.800 m de altitud), entre el límite del bosque y las nieves perpetuas, se encuentra una vegetación psicrofítica dominada por gramíneas, arbolitos de poco porte y tupidos y plantas en roseta gigante denominada páramo. Se extiende por el norte de la cordillera de los Andes, en Venezuela, Colombia y Ecuador, incluyendo una pequeña zona del norte del Perú, y en la cordillera de Talamanca (Costa Rica, Panamá) (Kappelle, 2005; Morrone, 2001). Más al sur, en zonas también altimontanas y en el Altiplano de los Andes Centrales nos encontramos con formaciones de pastizales montanos, compuestos por plantas cespitosas, arbustos pequeños, árboles y herbáceas denominadas puna. Abarca porciones del centro y sur de Perú, Bolivia occidental, norte de Chile y noroeste de Argentina. Se diferencian tres tipos de puna: húmeda al norte, subhúmeda en el centro y seca al sur. Las estribaciones de los Andes del lado argentino, hasta unos 2.800 m, están poblados por una formación árida de matorrales pinchosos, cactus y gramíneas (Morrone, 2001) que contacta con la Puna, el Chaco y la estepa patagónica. En el extremo más austral de Sudamérica, sobre el límite del bosque (a partir de los 600 m de altitud), se pueden encontrar formaciones de tundra altoandina fueguina (Tuhkanen, 1992), caracterizada por plantas de crecimiento almohadillado, leñosas rastreras y comunidades de criptógamas saxícolas que presentan gran afinidad con la flora de la región antártica marítima (Redón y Quilhot, 1977).

- *Bosques y arbustedas mediterráneos.* Este bioma se extiende por las zonas templadas del lado oeste de los continentes, tanto del hemisferio sur (Chile central) como del norte (norte de Baja California, México) o la mayor parte de la Península Ibérica. El clima es de tipo mediterráneo, que se caracteriza por su marcada estacionalidad, con inviernos suaves y húmedos y veranos cálidos y secos. La vegetación está compuesta por bosques, más o menos abiertos, de árboles de bajo porte y hojas pequeñas, siempreverdes y esclerofilas, así como por arbustedas, de porte alto o bajo, que reciben distintos nombres (chaparral en California, matorral en Chile, garriga, madroñal o matorral en general en la Península Ibérica) (Di Castri y Mooney, 1973). En esta última, abundan también bosques de coníferas (*Pinus*), desde zonas bajas a la alta montaña; en las zonas intermedias y más húmedas de las montañas proliferan los bosques de planifolios de hoja caduca (Blanco *et ál.,* 1997). La transformación del hombre ha dado lugar a formaciones boscosas abiertas, de tipo sabanoide, denominadas dehesas en España o montados en Portugal (Joffre *et ál.,* 1999). El fuego ha sido un agente evolutivo en todas las regiones de tipo mediterráneo, excepto Chile (Rundel *et ál.,* 2018). La transformación humana del territorio hace que el fuego domine actualmente en todas ellas (Urbieta *et ál.,* 2015; Urrutia-Jalabert, 2018).

- *Desiertos y arbustedas secas.* Este bioma lo encontramos en la costa pacífica, desde el desierto de Sechura, en el noroeste de Perú, departamentos de Piura y Labayeque, hasta el de Atacama (Chile), donde llega a alcanzar una longitud de unos 1.600 km. Atacama es el desierto más seco de los no polares, con una precipitación media anual que apenas excede los 2 mm (Marquet *et ál.,* 1998). En el

hemisferio norte tenemos representación de este bioma en el Caribe y, sobre todo, en México, con el desierto de Sonora, que se extiende por los estados de Sonora, de donde recibe el nombre, Chihuahua y Baja California.

- *Manglares.* Formación arbórea que se desarrolla en las zonas protegidas (ensenadas, marismas, estuarios) de la costa, en el intermareal (entre pleamar y bajamar), en áreas próximas a la desembocadura de los ríos y corrientes de agua dulce, con suelos blandos (arenas, limos o arcillas, nunca rocosos), en áreas tropicales y subtropicales. Los árboles que dominan tienen una alta tolerancia a la sal. Su mayor representación está en la costa del océano Atlántico, extendiéndose desde el sur de Brasil hasta el Caribe, incluyendo sus islas, la península de Yucatán y el golfo de México; por el lado del Pacífico están menos representados debido a las particulares condiciones de aridez de la costa peruana. Se extienden desde el extremo norte de Perú (3° 30') hasta la costa oeste del golfo de California, en Baja California (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 2001). En el presente informe se incluye este bioma en el capítulo de ecosistemas marino-costeros, aunque por conveniencia se han representado en este mapa de sistemas terrestres, siguiendo el criterio de Olson *et ál.,* (2001).

1.5.2. Sistemas acuático-continentales

Los países RIOCC comprenden gran diversidad de ecosistemas acuáticos continentales. Según la clasificación de Abell *et ál.* (2008), basada en la distribución y composición de especies de peces, se pueden distinguir hasta 81 ecorregiones distintas (24 en México, 17 en Centroamérica y el Caribe, 52 en Sudamérica y 4 en la Península Ibérica). Aunque cada una de las ecorregiones contiene un mosaico de múltiples tipos de hábitats, la clasificación en «tipos de hábitat principales» hace referencia al hábitat predominante. El establecimiento de los denominados tipos de hábitat principales (**Figura 1.11**) agrupa a las ecorregiones con características biológicas, químicas y físicas similares, y proporciona una herramienta que facilita la implementación de estrategias de conservación e investigación a distintas escalas (Abell *et ál.,* 2008).

A continuación, se presenta una descripción breve de los tipos de hábitat principales y las ecorregiones de sistemas dulceacuícolas que se pueden encontrar en la región (Abell *et ál.,* 2008; FEOW, 2015).

- *Aguas de alta montaña.* Ecorregiones que comprenden pequeños arroyos, ríos, lagos o humedales en zonas

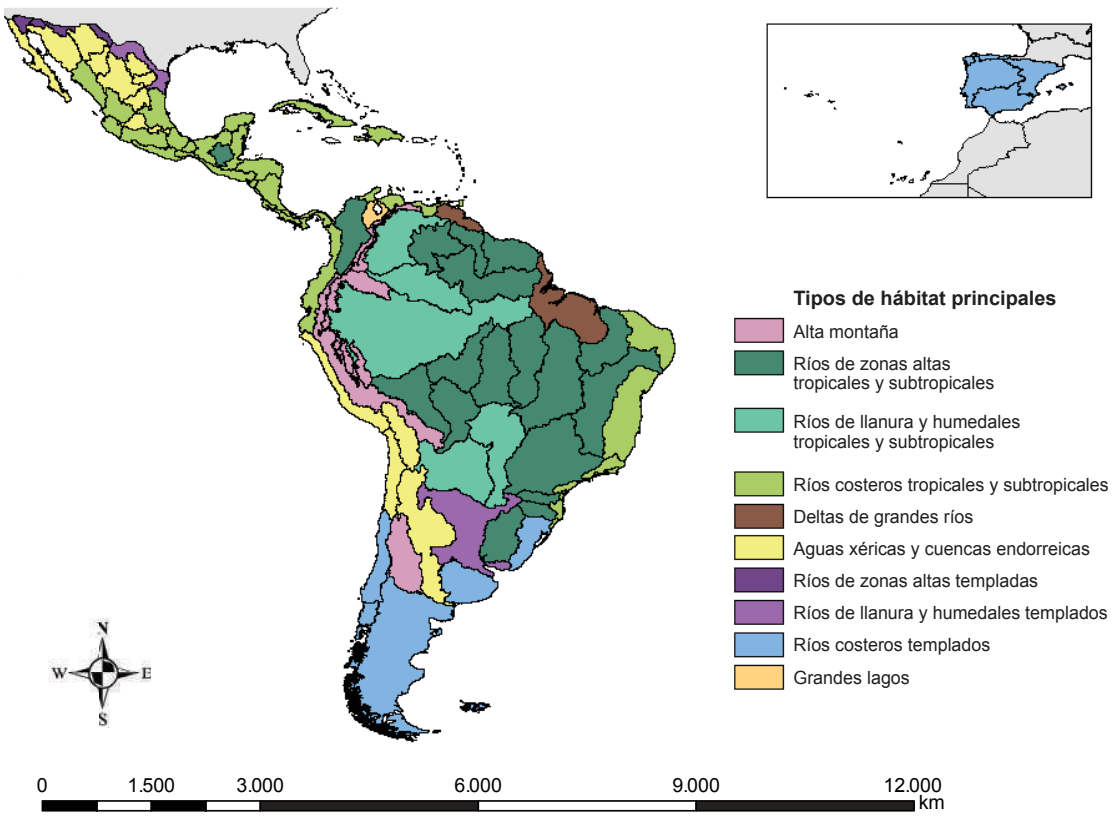


Figura 1.11. Distribución de los principales tipos de hábitats acuáticos continentales en Latinoamérica y la Península Ibérica. Fuente: elaboración propia a partir de Abell *et ál.* (2008), datos de FEOW (2015).

altas, independientemente de la latitud. Se trata generalmente de corrientes relativamente poco profundas, con pendiente elevada y flujo rápido, con condiciones climáticas montanas, y que pueden contener rápidos, sistemas de humedales y lagos de gran altitud. En Sudamérica incluyen las ecorregiones de alta montaña y piedemonte de los Andes, del Orinoco, Ucayali-Urubamba y Cuyan-Desaguadero.

- *Ríos de zonas altas tropicales y subtropicales.* Ecorregiones dominadas y definidas por ríos sin llanuras de inundación en latitudes bajas, que incluyen drenajes de aguas de cabecera y afluentes de grandes sistemas fluviales. Estos ríos se caracterizan por pendientes moderadas y por la ausencia de una planicie aluvial inundada cíclicamente. En Centroamérica incluyen el río Usumacinta. En Sudamérica abarcan los complejos fluviales del Magdalena-Sinu, Escudo Guayanés-Orinoco, Essequibo, Guyanas, Escudo Guayanés-Amazonas, piedemonte Madre de Dios, Guapore-Iténez, Tapajos-Juruena, Madeira-Escudo brasileño, Tocantins-Araguaia, Parnaiba, São Francisco, Bajo Uruguay, Alto Uruguay y Alto Paraná.
- *Ríos de llanura y humedales tropicales y subtropicales.* Ecorregiones dominadas por un único sistema de ríos grandes de latitud baja, que incluye el drenaje del río principal y las subcuencas asociadas, que se caracterizan o se caracterizaron por una inundación cíclica de la llanura aluvial. Estas ecorregiones también pueden contener sistemas de humedales compuestos por deltas internos, pantanos o marismas asociados con el sistema fluvial principal. En Sudamérica incluyen Llanos del Orinoco, Río Negro, Bajo Amazonas, Chaco y Paraguay.
- *Ríos costeros tropicales y subtropicales.* Ecorregiones dominadas por varias cuencas costeras pequeñas y medianas en latitudes bajas (trópicos). Estas ecorregiones se caracterizan por ecosistemas fluviales, pero también pueden contener pequeños lagos, lagunas costeras y otros humedales. Aunque pueden incluir llanuras de inundación, se caracterizan por la presencia de numerosas cuencas, pequeñas y medianas, que drenan al océano (en lugar de un gran río que predomina con una extensa llanura de inundación). También abarcan las ecorregiones de las islas con estas características. En México incluyen las ecorregiones de Sinaloa, Río Santiago, Panuco, Ameca-Manantlán, Río Balsas, Sierra Madre del Sur, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta y Yucatán. En Centroamérica y Caribe abarcan las ecorregiones de Chiapas-Fonseca, Quintana Roo-Motagua, Mosquitia, Estero Real-Tempisque, San Juan, Chiriqui, el istmo caribeño, Santa María, Chagres, Río Tuira, Cuba y La Española. En Sudamérica incluyen las ecorregiones desierto de Sechura y Río Atrato, drenajes caribeños sudamericanos y Trinidad, Parnaiba, Caatinga nordeste, Mata Atlántica nordeste, Paraiba do Sul, Ribeira de Iguape, Mata Atlántica sudeste, Tramandai-Mampituba y Fluminense.
- *Deltas de grandes ríos.* Ecorregiones dominadas y definidas por características deltaicas (por ejemplo, las influencias de las mareas) y sus faunas de peces asociadas, que son distintas de las de aguas arriba. En Sudamérica engloba las ecorregiones del delta del Orinoco, del estuario del Amazonas y sus drenajes costeros.
- *Aguas xéricas y cuencas endorreicas (cerradas).* Ecorregiones dominadas por sistemas acuáticos endorreicos o aguas dulces que se encuentran en ambientes áridos, semiáridos o subhúmedos secos. Estos ecosistemas tienden a tener una fauna específica adaptada a regímenes de inundaciones efímeras e intermitentes o niveles de aguas más bajas durante ciertas épocas del año. En Sudamérica incluyen las ecorregiones de Atacama, las laderas andino-pacíficas centrales, Mar Chiquita y Salinas Grandes, y en México, las ecorregiones de Baja California, Sonora, Guzmán-Samalayuca, Río Conchos, Mayrán-Viesca, Río Salado, Río San Juan, Llanos El Salado, Cuatro Ciénagas y Lerma-Chapala.
- *Ríos de zonas altas templadas.* Ecorregiones dominadas y definidas por los ríos de llanuras no inundables en latitudes medias, que incluyen drenajes de aguas de cabecera y afluentes de grandes sistemas fluviales. Estos ríos se caracterizan por pendientes moderadas y por la ausencia de una planicie aluvial inundada cíclicamente. En México incluyen la ecorregión fronteriza del Alto río Bravo.
- *Ríos de llanura y humedales templados*. Ecorregiones que están dominadas por un sistema de único río grande de latitud media, que incluye el drenaje de la cuenca principal y las subcuencas asociadas, que se caracterizan o se caracterizaron por una inundación cíclica de la llanura aluvial. Estas ecorregiones también pueden contener sistemas de humedales compuestos por deltas internos, pantanos o marismas asociados con el sistema fluvial principal. En México incluyen la ecorregión fronteriza del Bajo río Bravo, y en Sudamérica, la ecorregión del Bajo Paraná.
- *Ríos costeros templados.* Ecorregiones dominadas por varias cuencas costeras pequeñas y medianas en latitudes medias (templadas). Estas ecorregiones se caracterizan por ecosistemas fluviales, pero también pueden contener pequeños lagos, lagunas costeras y otros humedales. Las especies migratorias que pasan parte de sus ciclos de vida en ambientes marinos pueden habitar en estas ecorregiones. Aunque pueden incluir llanuras de inundación, se caracterizan por la presencia de numerosas cuencas, pequeñas y medianas, que drenan al océano (en lugar de un gran río que predomina con una extensa llanura de inundación). También abarcan las ecorregiones de las islas con estas características. En Sudamérica incluyen las ecorregiones de Patagonia, Lagos Valdivianos, Laguna dos Patos, Drenaje Bonaerense y las laderas andino-pacíficas sur. En la Península Ibérica incluyen las ecorregiones sur, este y oeste de Iberia y la costa cantábrica.
- *Grandes lagos.* Ecorregiones dominadas y definidas por grandes sistemas lénticos (cuerpos de agua cerrados). Los ecosistemas de agua dulce en estas ecorregiones

pueden incluir ríos que fluyen desde o hacia el cuerpo de agua principal y humedales periféricos, además de los lagos. En Sudamérica incluyen la ecorregión de Maracaibo.

- *Islas oceánicas.* Ecorregiones de agua dulce compuestas por una o más islas completamente rodeadas por agua, por encima de la línea de marea alta y aisladas de otras masas terrestres importantes. Estas ecorregiones se caracterizan por biotas de agua dulce derivadas de ancestros marinos. En Sudamérica incluyen las ecorregiones de Isla del Coco, Galápagos, Juan Fernández y Rapa Nui (Pascua).

1.5.3. Sistemas marino-costeros

Los territorios marinos adyacentes a los países RIOCC se pueden clasificar en 13 provincias biogeográficas (**Figura 1.12**). Cada una de las provincias, a su vez, se puede subdividir en ecorregiones o agrupar junto con otras en los denominados reinos biogeográficos. Para más detalles ver Spalding *et ál.* (2007).

- *Provincia del Pacífico Nordeste templado cálida*. El golfo de California, considerado un mar semicerrado con condiciones oceanográficas únicas confiere una distribución muy singular a su fauna, especialmente la fauna sésil, la cual debe adaptarse a las condiciones peculiares de temperaturas y disponibilidad de alimento. La región más norteña, dominada por los octocorales, está influenciada por aguas frías y de altas concentraciones de plancton, parecida a las zonas templadas. En contraste, la región sur es una zona tropical, con aguas cálidas y cristalinas, dominada por corales pétreos zooxantelados. La región intermedia tiene una mezcla de condiciones oceanográficas entre la región norte y sur, lo que se ve reflejado en la composición de su fauna. La fauna íctica parece responder a una presión más antropogénica debido a que existe una baja en la biomasa de peces de altos niveles tróficos en las zonas con pesca no regulada. La zona costera del Pacífico de la península de Baja California se enfrenta a la misma transición climática entre las zonas templadas y tropicales, generando un gradiente de norte a sur; adicionalmente, la influencia de la Corriente de California confiere una alta productividad de biomasa de organismos, si bien no es tan diversa como la que se observa dentro del golfo de California (Ulate *et ál.,* 2018 y 2016).

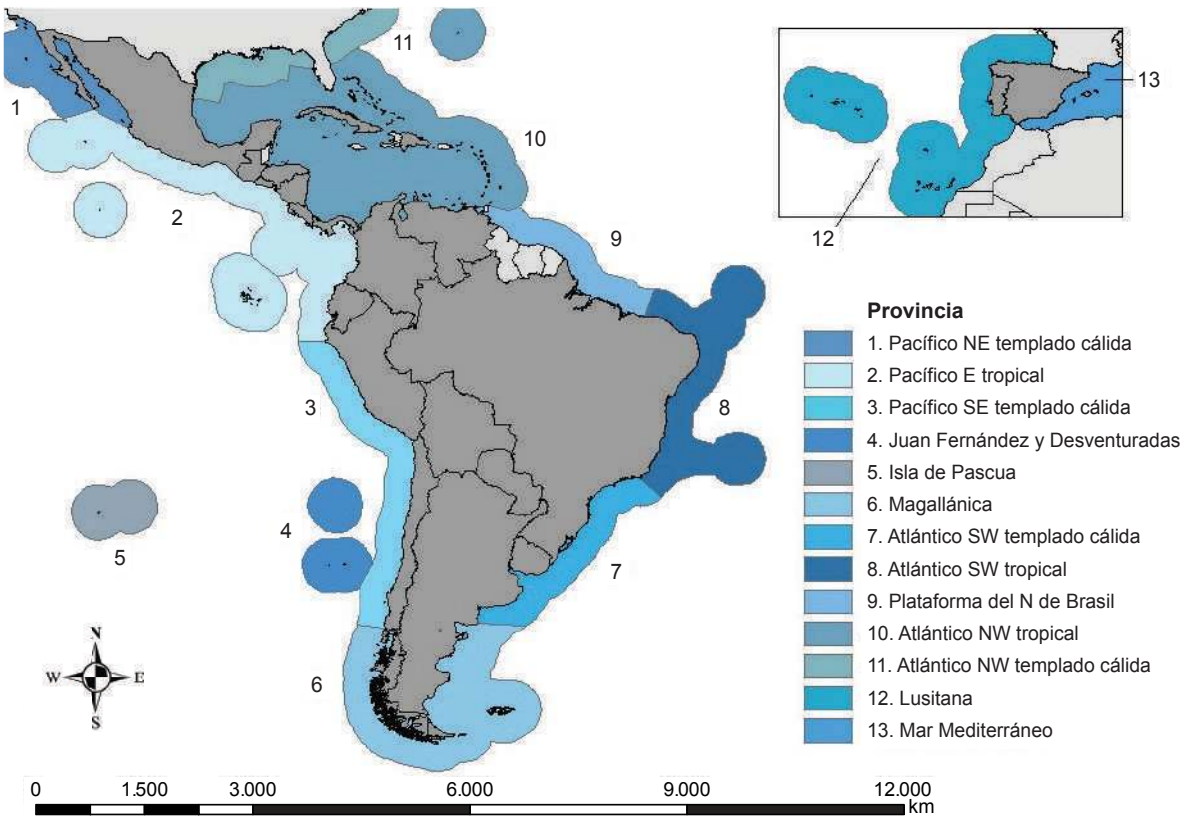


Figura 1.12. Provincias biogeográficas marinas para la región. Fuente: elaboración propia a partir del mapa de ecorregiones del mundo (Spalding *et ál.,* 2007) con modificaciones (las provincias de Galápagos y Pacífico E tropical se unificaron siguiendo a Glynn *et ál.,* 2017); datos de MEOW (2007).

- *Provincia del Pacífico Este tropical.* El Pacífico Este tropical se extiende del sur del mar de Cortez, México, hasta el extremo norte de Perú, e incluye las islas oceánicas Revillagigedo, Clipperton, Coco, Malpelo y Galápagos. Es una región del océano Pacífico expuesta a extremos térmicos por las surgencias estacionales de aguas frías y por El Niño, que trae aguas cálidas. Los arrecifes coralinos, manglares y lechos de pastos marinos del Pacífico de América están en esta región. Esta parte del océano Pacífico se caracteriza por su relativa baja salinidad y bajo pH (Glynn *et ál.,* 2017).
- *Provincia del Pacífico Sudeste templado cálida*. La zona marítima de la región es inusualmente fría debido al afloramiento de aguas frías ricas en nutrientes que aumentan la producción biológica y permiten alcanzar hasta el 10 % de la captura mundial de peces. Por otro lado, el ecosistema está sujeto a fluctuaciones interanuales y multidecadales por forzantes remotos de la dinámica del Pacífico ecuatorial. Además, el hundimiento y descomposición de la producción primaria junto con la poca ventilación genera una somera zona de mínimo oxígeno, que concentra a los animales cerca de la superficie y sirve de refugio para otros organismos (Chávez *et ál.,* 2008).
- *Provincia de Juan Fernández y Desventuradas.* El archipiélago de Juan Fernández y las islas Desventuradas se encuentran ubicados en la zona central del giro anticiclónico del Pacífico Sur. La columna de agua está constituida por tres masas de agua: Subantártica (ASAA), Ecuatorial Subsuperficial (AESS) e Intermedia Antártica (AIAA). En la zona de las islas Desventuradas, la masa de agua superficial es subtropical y bajo esta se encuentran la ASAA y la AESS. En esta zona la circulación oceánica está constituida por el Sistema de la Corriente de Humboldt, caracterizado por aguas frías que fluyen en dirección norte, así como por un flujo en dirección sur (Corriente Perú-Chile) (Mujica y Pavez, 2008).
- *Provincia de Isla de Pascua*. Esta provincia incluye la isla de Pascua o Rapa Nui y la isla Sala y Gómez, pertenecientes a Chile. Estas islas están entre las más aisladas del mundo. Son de origen volcánico y los fondos marinos están cubiertos por corales emparentados con los de la provincia del Pacífico Este tropical. Los pobladores originales eran de la Polinesia. Sala y Gómez es una isla deshabitada y poco visitada (Glynn *et ál.,* 2017).
- *Provincia Magallánica.* La provincia Magallánica comprende el área situada entre los paralelos 35°S y 56°S. La diversidad biológica del ecosistema marino de la provincia Magallánica constituye una de las más productivas del océano mundial. En el sistema comprendido del lado del océano Pacífico identificamos regiones pelágicas de surgencias (30°-42°S) y una región austral de fiordos (42°-55°S). Para el sistema bentónico abarca desde isla de Chiloé a cabo de Hornos. Respecto al océano Atlántico, la provincia contiene los dos golfos más profundos del Atlántico sudoccidental, San Matías y Nuevo. Los límites de estas regiones biogeográficas no son, sin embargo, fijos, y pueden variar estacionalmente y entre años.
- *Provincia del Atlántico Sudoeste templado cálido.* La provincia del Atlántico Sudoeste templado cálida se sitúa entre los 42.3°S (península Valdés) y 20°S (Cabo Frío), con variaciones estacionales e interanuales en sus límites, correspondiendo a una provincia de transición entre una zona fría (Magallánica) y otra cálida (Atlántico tropical). Presenta áreas con elevada productividad oceánica (confluencia Malvinas-Brasil) y zonas costeras con descarga de agua dulce (río de la Plata, laguna de los Patos) e importantes áreas RAMSAR. Incluye las ecorregiones del Sudeste de Brasil, Río Grande, río de la Plata y plataforma continental de Uruguay-Buenos Aires, caracterizada por una mezcla de fauna subtropical (cálida) y subantártica (fría) con una importante diversidad de peces, invertebrados, colonias de mamíferos marinos y aves.
- *Provincia del Atlántico Sudoeste tropical.* Esta región abarca cerca de la mitad de la línea costera brasileña, y va desde el sudeste hasta el nordeste de Brasil, desde el estado de Río de Janeiro hasta el estado de Ceará. En torno a 130 millones de personas (un 60 % de la población brasileña) vive a lo largo de esta línea de costa, donde se encuentran los principales núcleos metropolitanos del país. La vegetación costera consiste en llanuras arenosas con las denominadas restingas y abundantes manglares. Ambas formaciones pertenecen al punto caliente de biodiversidad de la selva atlántica (Scarano y Ceotto, 2015; Rezende *et ál.,* 2018). Los ecosistemas marinos son ricos en diversidad de especies de peces, corales y plantas, incluyendo rodolitos.
- *Provincia de la plataforma del norte de Brasil.* Esta región abarca la porción norte de Brasil (estados de Maranhão, Pará y Amapá), así como las Guayanas. La principal característica de esta región es la amplia presencia de manglares y marismas que almacenan cantidades significativas de carbono. La mayor formación continua de manglar se encuentra entre los estados de Pará y Maranhão, con un total de 6.500 km, lo que representa hasta un 4,3 % del total de cobertura mundial de manglar. Esta zona costera tiene algunas regiones metropolitanas de Brasil y las Guayanas, pero no llega a estar tan poblada como la costa este y sur de Brasil (Marone *et ál.,* 2012).
- *Provincia del Atlántico Noroeste tropical.* Comprende el Atlántico del sur de Florida y de Bahamas, el sur del golfo de México y el mar Caribe. Posee una considerable heterogeneidad espacial y estacional con una compleja historia geológica, y diversidad geográfica en los regímenes hidrológico, morfológico y de hábitat. El clima de la superficie marina tiene características tropicales y subtropicales; la fauna es propia de aguas cálidas y templadas. Comprende las Corrientes del Golfo, del Lazo y del Caribe. Está expuesta a frentes y huracanes frecuentes; su profundidad varía entre 200 y más de 3.000 m. Los tipos y subtipos de comunidades principales son: sistemas deltaicos, lagunas costeras, estuarios, bosques de manglar, lechos de pasto marino, arrecifes cora-

linos, bancos de arena, así como una matriz de hábitats de tipos de fondos blandos y consolidados, cuevas y grietas. La productividad es moderadamente elevada (150-300 g C/m^2/año) (Miloslavich *et ál.,* 2010; GEF/PNUD, 2013).

- *Provincia del Atlántico Noroeste templado cálida.* Esta provincia se extiende entre el norte del golfo de México y la parte sur de la costa este de los Estados Unidos. La sección del golfo de México se caracteriza por la presencia del delta del río Misisipi. La costa este de Florida y Georgia está bañada por la Corriente del Golfo y hay una conexión biótica con el golfo de México y el Caribe. Es una región con islas de barrera y está expuesta a huracanes.
- *Provincia lusitana.* Comprende las costas atlánticas de la Península Ibérica, desde el golfo de Vizcaya hasta el golfo de Cádiz, así como los archipiélagos de Canarias, Azores y Madeira. La costa cantábrica se caracteriza por una plataforma estrecha, formada por acantilados, con un cierto carácter mediterráneo por su mayor temperatura. La costa gallega es más fría debido a los afloramientos que traen nutrientes del fondo y hacen que sea altamente productiva. La costa portuguesa tiene una plataforma estrecha, y también se ve afectada por afloramientos estacionales de junio a octubre. La costa sur portuguesa y española es algo más ancha y de fondos fangosos. Las aguas de Canarias tienen influencia del afloramiento sahariano de agua fría, y las afinidades tropicales se notan en las islas más occidentales (Templado *et ál.,* 2012; Gomes *et ál.,* 2018).
- *Provincia mediterránea*. Comprende desde el estrecho de Gibraltar hasta la frontera con Francia, así como las islas Baleares. La temperatura del agua es cálida y la salinidad, mayor que en el Atlántico. Las aguas más cálidas se encuentran al sudeste, disminuyendo hacia la costa catalana y hacia el sur, en este caso debido a la influencia de aguas atlánticas. El mar de Alborán, que tiene una notable influencia en la capa superficial de aguas procedente del Atlántico, constituye una encrucijada con especies atlánticas, tanto de aguas frías (de las costas europeas) como cálidas (de las costas africanas), junto a especies mediterráneas y diversos endemismos exclusivos de la zona (Templado *et ál.,* 2012; Gomes *et ál.,* 2018).

1.6. Marco socioeconómico

Los países iberoamericanos conforman una red de naciones a ambos lados del Atlántico que, además de numerosas lenguas autóctonas, comparten los idiomas segundo (español) y cuarto (portugués) más hablados del mundo. Estos países poseen otros muchos vínculos históricos, culturales y económicos, entre otros. Además, disponen de un espacio común de concertación política y de cooperación, como las Cumbres Iberoamericanas de Jefes de Estado y de Gobierno, con una Secretaría General Iberoamericana (SEGIB) que actúa como organismo de apoyo permanente. Dentro de este marco de cooperación, existen distintos foros, como las reuniones de los ministros iberoamericanos de Medio Ambiente, por decisión de los cuales se creó la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC) con el fin de cooperar en temas de adaptación y mitigación del cambio climático.

1.6.1. Demografía y estructura poblacional

Los países RIOCC tienen un total de 678,9 millones de personas. La mitad de dicha población pertenece tan solo a los dos países más poblados de Iberoamérica: Brasil (con 209,3 millones de personas) y México (con 129,2 millones) (**Tabla 1.2**). Precisamente, en los países más poblados de la región, la población se concentra particularmente en asentamientos urbanos, con valores de 80-90 %, frente a las poblaciones cada vez más reducidas del entorno rural, aunque con diferencias regionales. La población en Iberoamérica ha cambiado recientemente de una sociedad dedicada fundamentalmente a actividades rurales, basadas en la agricultura y la ganadería, a otra más urbana, empleada en el sector servicios y la industria. No obstante, quedan todavía algunos países con una alta población rural, con cifras similares a la media mundial (45,2 %), particularmente en Centroamérica (Guatemala, Honduras, Nicaragua) (**Tabla 1.2**).

La esperanza de vida es relativamente elevada, aunque también existen diferencias regionales. En países como España, Portugal y Costa Rica, la esperanza de vida supera los 80 años, mientras que en otros se mantiene en torno a la media mundial de 72,2 años (Honduras, El Salvador, Guatemala y Paraguay) o inferior (Bolivia) (**Tabla 1.2**). Las tasas de crecimiento de la población son, en general, pequeñas, yendo desde los valores negativos (en Portugal y Andorra) o muy bajos (Cuba o España) hasta valores superiores al promedio mundial (1,2 %), como ocurre en Guatemala (2 %). Existen ciertos paralelismos entre dichas tasas de crecimiento poblacional y las tasas de fecundidad, que, en promedio, están en valores de 2,1, esto es, justo en la tasa de reemplazo, aunque la mayoría de países (57 %) están por encima y el resto está en torno a ese valor o incluso por debajo del nivel de reposición (33 %) (**Tabla 1.2**) (Banco Mundial, 2019a).

La mejora de los servicios en las zonas urbanas (agua potable y saneamiento), de la higiene, salud, educación y acceso a alimentos de mejor calidad ha facilitado una mayor esperanza de vida de la población, primero en la Península Ibérica y después en el sudeste de Latinoamérica, mientras que el resto de los países siguen esta misma tendencia, pero sin haber llegado aún a un envejecimiento de la población tan acusado. Este proceso de envejecimiento ha impactado en las finanzas públicas y los seguros de vejez. En diversos países se ha aumentado la edad de jubilación para compensar esta mayor expectativa de vida (CEPAL, 2018).

Con respecto a la mortalidad y morbilidad, los avances médicos, con hospitales bien equipados, profesionales de la salud y sistemas de vacunas para niños y niñas han reducido la mortalidad materno-infantil. El cuadro básico de enfermedades en Latinoamérica ha cambiado de enfermedades infeccioso-gas-

Tabla 1.2. Aspectos demográficos de los países RIOCC: población total (millones de personas); tasa de crecimiento de la población (% anual); población rural (% de la población total); población urbana (% de la población total); esperanza de vida al nacer (años) y tasa de fecundidad (nacimientos por mujer). Fuente: elaboración propia según los datos del año 2017 del Banco Mundial (Banco Mundial, 2019a) para todos los países, excepto Andorra, en cuyo caso los datos se obtuvieron del Gobierno de Andorra (2018).

	Población total (millones de personas)	Tasa de crecimiento de la población (% anual)	Población rural (%)	Población urbana (%)	Esperanza de vida al nacer (años)	Tasa de fecundidad (nacimientos por mujer)
Andorra	0,07	-0,4	11,9	88,2	81,8	1,13
Argentina	44,3	1,0	8,3	91,7	76,7	2,3
Bolivia	11,1	1,5	30,9	69,1	69,5	2,8
Brasil	209,3	0,8	13,7	86,3	75,7	1,7
Chile	18,1	0,8	12,5	87,5	79,7	1,8
Colombia	49,1	0,8	19,6	80,4	74,6	1,8
Costa Rica	4,9	1,0	21,4	78,6	80,0	1,8
Cuba	11,5	0,1	23,0	77,0	79,9	1,7
Ecuador	16,6	1,5	36,3	63,7	76,6	2,5
El Salvador	6,4	0,5	28,7	71,3	73,8	2,1
España	46,6	0,2	19,9	80,1	83,3	1,3
Guatemala	16,9	2,0	49,3	50,7	73,7	2,9
Honduras	9,3	1,7	43,5	56,5	73,8	2,4
México	129,2	1,3	20,1	79,9	77,3	2,2
Nicaragua	6,2	1,1	41,7	58,3	75,7	2,2
Panamá	4,1	1,6	32,6	67,4	78,2	2,5
Paraguay	6,8	1,3	38,7	61,3	73,2	2,5
Perú	32,2	1,2	22,3	77,7	75,2	2,4
Portugal	10,3	-0,2	35,3	64,7	81,1	1,4
República Dominicana	10,8	1,1	19,7	80,3	74,0	2,4
Uruguay	3,5	0,4	4,8	95,2	77,6	2,0
Venezuela	32,0	1,3	11,8	88,2	74,7	2,3
Mundial	7.529,7	1,2	45,2	54,8	72,2	2,4

trointestinales y por desnutrición, propias del subdesarrollo, hacia enfermedades crónicodegenerativas, donde la obesidad constituye un factor dominante de la morbilidad y mortalidad. La Península Ibérica sufre también por mayor incidencia de cáncer y diabetes relacionada con un número más alto de adultos mayores, pero también por el cambio de una dieta de legumbres, frutas y verduras hacia una de alimentos elaborados con mayores niveles de azúcares, carbohidratos y cárnicos (NASEM, 2019). En este sentido, México destaca negativamente, ya que se ha convertido en el mayor consumidor de azúcar mundial (seguido por Centroamérica), debido principalmente a la ingesta de bebidas azucaradas, con el consecuente incremento de diabetes, con altos costos sanitarios y que afecta también a la población infantil, con repercusiones severas en su desarrollo (Díaz-Carreño *et ál.,* 2016).

1.6.2. Economía

Dentro de la comunidad iberoamericana existen diferencias entre los distintos países desde el punto de vista económico y del nivel de desarrollo (**Tabla 1.3**). Mientras que algunos de los países forman parte de los organismos que agrupan a las economías más desarrolladas del mundo o emergentes (como España, Portugal, México y Chile, integrantes de la OECD; o como Brasil, miembro del BRICS), la mayoría pertenece al grupo de los países en vías de desarrollo. Según la clasificación del Banco Mundial, tan solo 6 de los 22 países RIOCC forma parte del grupo de las economías más desarrolladas (Andorra, Chile, España, Panamá, Portugal y Uruguay). En el extremo opuesto, 4 de los 22 países forman parte del grupo con desarrollo medio-bajo (Bolivia, El Salvador, Honduras y Nicaragua),

Tabla 1.3. Aspectos económicos de los países RIOCC. Fuente: elaboración propia con los datos más recientes disponibles del periodo 2013-2017 a partir de los sitios web del Banco Mundial (2019a) y CEPAL (2019b), y el informe PNUD (2018).

	PIB (USD x 10^9)	PIB per cápita (USD)	HDI (índice desarrollo humano)	*Ranking* mundial HDI	Índice de Gini	Pobreza (%)	Pobreza extrema (%)
Andorra	3,0	39.147	0,900	35	..	..	..
Argentina	637,4	14.398	0,825	47	40,6 [a]	25,7 [a]	..
Bolivia	37,5	3.394	0,693	118	46,7 [b]	36,4 [c]	17,1 [c]
Brasil	2.053,6	9.812	0,759	79	51,3 [b]	26,5 [a]	..
Chile	277,1	15.346	0,843	44	47,7 [b]	8,6 [c]	2,3 [c]
Colombia	314,5	6.409	0,747	90	51,1 [b]	26,9 [c]	7,4 [c]
Costa Rica	57,3	11.677	0,794	63	48,4 [b]	20 [c]	5,7 [c]
Cuba	96,9	8.433	0,777	73	..	..	..
Ecuador	104,3	6.273	0,752	86	46 [b]	21,5 [c]	7,9 [c]
El Salvador	24,8	3.889	0,674	121	40,6 [b]	29,2 [c]	6,2 [c]
España	1.314,3	28.208	0,891	26	36,2 [b]	22,3 [h]	..
Guatemala	75,6	4.471	0,65	127	55,3 [f]	..	..
Honduras	23,0	2.480	0,617	133	49,6 [b]	64,3 [a]	38,4 [d]
México	1.150,9	8.910	0,774	74	49,1 [f]	50,6 [d]	17,5 [d]
Nicaragua	13,8	2.222	0,658	124	..	24,9 [d]	6,9 [d]
Panamá	62,3	15.196	0,789	66	50,8 [b]	20,7 [c]	9,8 [c]
Paraguay	39,7	5.824	0,702	110	47,6 [b]	26,4 [c]	4,41 [c]
Perú	211,4	6.572	0,75	89	43,4 [b]	21,7 [c]	3,8 [c]
Portugal	219,3	21.291	0,847	41	35,5 [b]	19 [h]	..
República Dominicana	75,9	7.052	0,736	94	45,2 [b]	28,4 [d]	5,6 [d]
Uruguay	56,2	16.246	0,804	55	40,2 [b]	7,9 [c]	0,1 [c]
Venezuela	..	..	0,761	78	40,07 [g]	33,1 [e]	9,3 [e]

[1] Nota sobre la fuente y los años de toma de datos: PIB a precios actuales (en miles de millones de dólares estadounidenses, USD) y PIB per cápita a precios actuales (en miles de USD), según datos del BM para 2017. HDI, índice de desarrollo humano del UNEP y posición en el ranking *mundial con información del HDI, según datos de PNUD para 2017. Índice de desigualdad de Gini, pobreza (%) y población en situación de pobreza extrema (%): (a) datos del BM de 2017; (b) datos del BM de 2015; (c) datos de CEPAL de 2017; (d) datos de CEPAL de 2016; (e) datos de CEPAL de 2015; (f) datos de CEPAL de 2014; (g) datos de CEPAL de 2013; (h) datos de Eurostat de 2016. [2] Nota sobre el* ranking *mundial según el HDI: nivel de desarrollo muy alto para los puestos 1-59, alto para los puestos 60-112, medio para los puestos 113-151 y bajo para los puestos 152-189. [3] Nota sobre pobreza (%): datos de pobreza según fuentes nacionales, excepto en el caso de España y Portugal, cuya información se refiere al riesgo de pobreza según fuentes nacionales. Los datos no disponibles se indican mediante dos puntos (..).*

dado que ninguno de ellos forma parte del grupo de los menos desarrollados. Los demás países están en el grupo de desarrollo medio-alto (Banco Mundial, 2019b). Existen otros índices de desarrollo que consideran en sus medidas otras variables más allá de lo estrictamente monetario. Entre ellos destaca el índice de desarrollo humano (HDI por sus siglas en inglés), que además del PIB per cápita también tiene en cuenta logros en salud y educación (PNUD, 2018). Según el *ranking* mundial del PNUD de 2017 elaborado a partir del HDI, seis de los países RIOCC tendrían un nivel de desarrollo «muy alto», la mitad, un nivel «alto» y los cinco restantes, un nivel «medio», pues según esta clasificación ninguno de los países RIOCC se incluye en el nivel de desarrollo «bajo» (**Tabla 1.3**).

Durante las seis últimas décadas, la tasa de crecimiento del PIB refleja diversas crisis socioeconómicas globales y regionales, así como el desacople de las economías de los países ibéricos y del resto de Iberoamérica (**Figura 1.13**). Los países ibéricos sufrieron profundas crisis en los años en 1975, 1993 y 2008-2013, la última y gran crisis de la que solo empezaron a recuperarse a partir de 2015. En su conjunto, los países latinoamericanos soportaron recesiones en 1983 y 2008, siendo esta última común con los países ibéricos. México padeció por precios internacionales bajos de petróleo y tuvo recesiones en 1986, 1994 y 1998-2013, por lo que un 70 % de su población retrocedió económicamente durante las últimas tres décadas (Monroy *et ál.*,

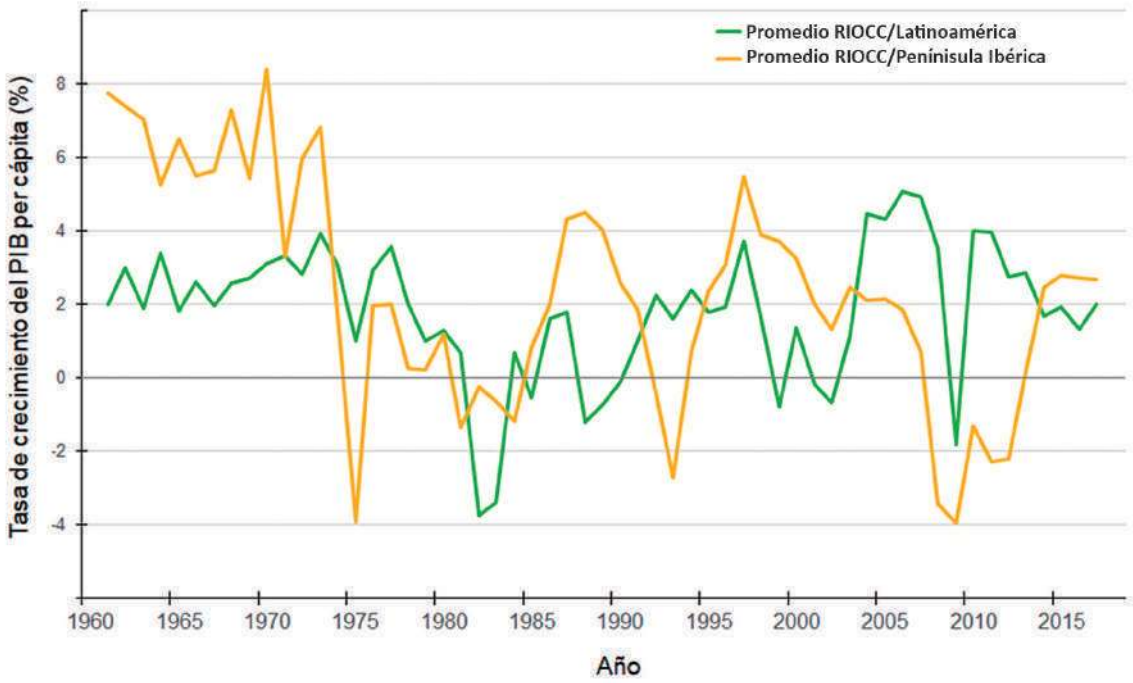


Figura 1.13. Tasa de crecimiento del PIB anual: 1960-2016. El gráfico de Latinoamérica representa el promedio de los 19 países RIOCC de la región, y el de la Península Ibérica, el promedio de los 3 países RIOCC restantes (Andorra, España y Portugal). Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial (2019a).

2016). El oeste de Latinoamérica sufrió crisis adicionales en 1968 y 1999; Centroamérica, en 1979 y 1988; la región amazónica, en 1998-1999, donde se estancó la economía a partir de 2014. La parte sur sufrió crisis severas en 1985, 1996 y el periodo 1998-2003. Estas recesiones aumentaron la pobreza y la desigualdad en toda Latinoamérica (Brosio *et ál.,* 2018). Además, la baja productividad empresarial y su dependencia de apoyos gubernamentales han limitado el potencial de crecimiento en la región (CEPAL, 2018).

1.6.3. Pobreza, desigualdad y corrupción

Los índices de desigualdad y pobreza en la región son elevados (**Tabla 1.3**). La desigualdad sigue siendo una característica estructural de Latinoamérica y el Caribe (CEPAL, 2019), a pesar de que hubo importantes avances desde principios de la década de los años dos mil. En la región, la pobreza tiene mayor incidencia en las áreas rurales respecto a las urbanas; entre las mujeres respecto a los hombres; en función de la edad (la pobreza es mayor cuanto menor es la edad de las personas), y en función de la condición étnica (la tasa de pobreza casi se duplica en la población indígena y afrodescendiente) (CEPAL, 2019). Por su parte, España y Portugal ocupaban respectivamente los puestos 8 y 11 en el *ranking* de riesgo de pobreza y exclusión social por países de la Unión Europea (27 países, UE-27), con valores de 26,6 % y 23,3 % de la población, respectivamente, frente a la media UE-27 de 22,4 % (Eurostat, 2019).

Los datos de pobreza generalmente se basan en las cifras nacionales, lo que dificulta la comparación entre países. Sin embargo, existen otros indicadores de inequidad que sí son comparables, como el índice de Gini, que mide la desigualdad en la distribución de la renta. Los valores de Gini de los países RIOCC se encuentran, en la mayoría de los casos, entre 40 y 50 puntos sobre 100, lo que implica una elevada concentración de renta en los deciles superiores de población y, por tanto, mayor desigualdad. En este sentido, los países con menor desigualdad en la distribución de la renta son los de la Península Ibérica, seguidos por Uruguay, mientras que los que concentran más desigualdad son Brasil, Colombia y Panamá (**Tabla 1.3**).

Aunque los índices de desigualdad de género son variables entre los distintos países (**Tabla 1.4**), en general persiste una fuerte segmentación de género en la oferta educativa y en la formación técnico-profesional en Latinoamérica. Esto se manifiesta luego en las oportunidades de empleo, en especial de empleos de calidad (CEPAL, 2019). Los mercados laborales presentan una marcada segmentación horizontal que delimita la participación de las mujeres y las concentra en algunos sectores de la economía, como el del cuidado (enseñanza, salud, asistencia social y empleo doméstico), que constituye su mayor fuente de trabajo (27,7 %). Esto se

explica como una extensión al mercado laboral del papel que se asigna a las mujeres como cuidadoras. El aporte económico del trabajo no remunerado que se realiza en los hogares de la región equivale a entre el 15,2 % y el 24,2 % del PIB, cifra que en muchos países es superior a la contribución de cualquier otra actividad económica (CEPAL, 2019).

Las reuniones acerca de la desigualdad de género por las Naciones Unidas (como la de Beijing en 1985), el desarrollo del Índice de Desigualdad de Género por parte del Foro Económico Mundial (WEF, 2016) y los datos de McKinsey (2015) muestran que políticas que permiten una mayor paridad podrían mejorar el PIB mundial en un 15 %, y hasta en un 25 % en el caso de equidad total. Los efectos de las políticas de igualdad han tenido su reflejo en la proporción cada vez mayor de escaños ocupados por mujeres en los parlamentos nacionales (**Tabla 1.4**), aunque todavía hay diferencias de

Tabla 1.4. Aspectos sociales de los países RIOCC. Fuente: elaboración propia según los datos más recientes disponibles del Banco Mundial (2019a) o del informe PNUD (2018) y del Gobierno de Andorra (2018).

	Educación primaria (%)	Desempleo (%)	Empleo vulnerable (%)	Empleo sector agricultura (%)	Empleo sector servicios (%)	Migración (balance neto)	Desigualdad de género (GII)	*Ranking* mundial GII	Escaños ocupados por mujeres (%)	Homicidios por 100.000 habitantes
Andorra	96,5	..	..	0,42	64,7	..	..	..	32,1	1,2
Argentina	92,6	8,3	21,4	0,5	76,1	24.002	0,358	81	38,9	5,9
Bolivia	72,2	3,2	31,3	27,0	50,6	-50.005	0,450	102	53,1	6,3
Brasil	77,6	12,8	27,9	10,3	68,8	30.000	0,407	94	10,7	29,5
Chile	87,1	7,0	23,9	9,6	67,6	85.285	..	72	15,8	3,5
Colombia	76,0	8,9	47,1	16,1	64,5	-147.004	0,383	87	18,7	25,5
Costa Rica	81,3	8,1	14,0	12	69,5	16.384	0,300	64	35,1	11,9
Cuba	..	2,3	10,3	18,6	64,9	-109.998	0,301	65	48,9	5,0
Ecuador	82,6	3,8	45,6	26,9	54,5	-30.776	0,385	88	38,0	5,9
El Salvador	58,6 [a]	4,4	35,7	18,8	60,0	-202.694	0,392	91	32,1	82,8
España	90,5	17,2	11,9	4,1	76,4	200.000	0,080	15	39,1	0,6
Guatemala	..	2,7	34,7	29,4	49,6	-46.073	0,493	120	12,7	27,3
Honduras	59,4	4,0	36,1	28,5	50,3	-14.001	0,461	109	25,8	56,5
México	79,2	3,4	27,2	13,1	61,1	-300.000	0,343	76	42,6	19,3
Nicaragua	..	4,2	39,4	29,4	53	-106.342	0,456	106	45,7	7,4
Panamá	..	3,9	32,2	15,1	66,7	31.448	0,461	109	18,3	9,7
Paraguay	76,0	4,6	39,1	21,2	59,3	-82.365	0,467	113	13,8	9,2 [b]
Perú	80,5	3,5	50,3	28,4	55,7	-179.540	0,368	83	27,7	7,7
Portugal	90,5	8,9	13,1	6,8	68,3	-30.001	0,088	19	34,8	0,6
República Dominicana	66,8	5,8	40,9	12,4	70,2	-151.333	0,451	103	26,8	15,2
Uruguay	89,4	7,9	23,9	8,2	71,9	-15.000	0,270	57	20,2	7,7
Venezuela	87,7	7,4	31,9	10,2	66,5	-60.493	0,454	105	22,2	56,3
Mundial	..	5,1	42,6	26,5	51,1	0	0,441	..	23,7	5,3 [b]

[1] Nota sobre la fuente y los años de toma de datos. Educación primaria completa (en % de la población de más de 25 años, acumulativo), según: BM para el 2015 excepto (a), en cuyo caso proceden de BM para el 2016. Homicidios intencionales por cada 100.000 habitantes, según datos de BM para el 2016 excepto (b), en cuyo caso proceden de BM para el 2015. Desempleo (en % de la población activa total, estimación según modelado OIT), migración neta (balance anual de personas desplazadas desde y hacia el país, incluyendo ciudadanos y extranjeros); proporción de escaños ocupados por mujeres en los parlamentos nacionales (%), según BM para el 2017. Empleo vulnerable (% del total de empleos), empleo en el sector agrario (% del total de empleo), empleo en el sector servicios (% del total de empleo), índice de desigualdad de género (GII), y posición en el ranking *mundial según GII, según datos de PNUD (2018). Los datos no disponibles se indican mediante dos puntos (..).*

género en el acceso político. La introducción de cuotas femeninas es una medida para reducir la desigualdad y permitir a las mujeres acceder a una representación política, aunque estas políticas activas siguen generando resistencias. Cabe señalar el caso de México, donde en septiembre de 2018 el Senado y el Congreso nacional alcanzaron la paridad de género, al igual que en todos los estados. Esta paridad, al desplazar estructuras partidistas autoritarias, asociadas a mecanismos de poder patriarcal regional, y a veces vinculado al crimen organizado, fue acompañada por violencia política, lo que ha aumentado la tasa de mujeres asesinadas en general y de mujeres políticas en particular, sobre todo a nivel regional (CNDH, 2018).

Otro factor limitante para el avance de toda la región iberoamericana es la corrupción. Según Transparency International (2018), la menor corrupción se da en Uruguay, Chile y Portugal, lo que se refleja en índices de percepción de la corrupción (IPC) relativamente bajos. Le siguen España, Costa Rica y Cuba, con niveles de corrupción medianos. El resto de países presentan valores altos o muy altos, siendo extremos en el caso de Venezuela (**Tabla 1.5**). Este factor no solo afecta a la economía y al desarrollo de un país, sino que deteriora los derechos humanos y debilita las estructuras de gobernanza. La generalización de la corrupción entre sectores públicos, privados y religiosos muestra que gran parte del proceso económico se pierde de manera improductiva. Esta práctica nociva reduce también la gobernabilidad y genera conflictos entre países, dentro de países y entre clases sociales, que frecuentemente están relacionados con los recursos naturales (Transparency International, 2018). En el caso de España y Portugal, los estudios de opinión muestran que la mayoría de los ciudadanos piensan que la corrupción está extendida, siendo los partidos políticos y los políticos los grupos más afectados, con valores de un 15-20 % superiores a la media de la Unión Europea (Eurobarometer, 2017).

Tabla 1.5. *Ranking* de los países RIOCC en el conjunto de los 180 países del mundo según el índice de percepción de la corrupción. Fuente: elaboración propia a partir de Transparency International (2018).

0-39	40-79	80-129	130-180
Uruguay (23)	España (41)	Argentina (85)	Bolivia (132)
Chile (27)	Costa Rica (48)	Panamá (93)	Honduras (132)
Portugal (30)	Cuba (61)	Colombia (99)	Paraguay (132)
		Brasil (105)	México (138)
		El Salvador (105)	Guatemala (144)
		Perú (105)	Nicaragua (152)
		R. Dominicana (129)	Venezuela (168)

1.6.4. Inclusión social y laboral

En las últimas décadas, Latinoamérica ha avanzado en diversos ámbitos de la inclusión social, como el derecho a la educación, la salud y el acceso a infraestructuras básicas (agua, saneamiento, electricidad e internet). Sin embargo, persisten importantes desigualdades en la cobertura y la calidad de esos servicios. Los mercados de trabajo, por su parte, se caracterizan por su insuficiente oferta de empleo y por brechas significativas en la calidad de esos puestos de trabajo (ver tasas de empleo vulnerable y desempleo en **Tabla 1.4**), en el acceso a la protección social y en los ingresos laborales, que en una alta proporción son inferiores a los salarios mínimos legales y a lo requerido para superar la pobreza y lograr niveles adecuados de bienestar (CEPAL, 2019).

Como consecuencia, niveles más bajos de desempleo no necesariamente van acompañados de menores niveles de desigualdad y pobreza (**Tablas 1.3 y 1.4**). En este contexto, la reducción de la pobreza, la pobreza extrema y la desigualdad precisan de refuerzos de las políticas laborales y de mercado de trabajo inclusivas, articuladas con las de seguridad social, que estén orientadas a la generación de empleos de calidad, al aumento de la formalización en el trabajo, a la promoción del diálogo social y al fortalecimiento de la organización sindical y de la negociación colectiva. A pesar de los avances en gasto social (en 2016 se alcanzó en la región el nivel promedio más alto de gasto público social desde 2000), todavía quedan grandes retos de financiación y, en concreto, en aquellos países cuya población presenta mayores requerimientos de lucha contra la pobreza y la desigualdad, que son aquellos que cuentan con menos recursos per cápita (CEPAL, 2019).

Un grupo gravemente afectado por el modelo económico actual es el de los jóvenes, lo cual está desligado del nivel de desarrollo global. Por ejemplo, en España, en la última década el desempleo juvenil ha llegado hasta cifras insoportablemente altas (45 %), y la vulnerabilidad del empleo se ha caracterizado por el trabajo parcial y el autoempleo. Esto no es privativo de los países ibéricos, sino de toda Iberoamérica. Mientras que el paro entre los menores de 25 años es mayor entre varones, a partir de los 25 años aumenta el desempleo femenino (Eurostat, 2018). En Latinoamérica, especialmente en México y en Centroamérica, ante la imposibilidad de encontrar trabajo, los jóvenes desempleados y comunidades enteras son reclutados, o a veces forzados, por el crimen organizado y bandas juveniles (Unicef, 2017). Al involucrarse en actividades ilegales sufren una alta mortalidad.

1.6.5. Violencia, conflictos y migraciones

A pesar de ser una zona libre de armas nucleares (Tratado de Tlatelolco), Latinoamérica es la región más violenta por armas pequeñas y crimen organizado (Alvarado y Muggah, 2018). Los países de la Organización de los Estados Americanos (OAS) firmaron en 2003 la Declaración de Seguridad de las Américas con el objetivo de fortalecer las instituciones y los países frente a la violencia. Sin embargo, el proceso de

implantación ha sido ineficiente, y hay poca capacidad de acción conjunta para combatir la violencia multinacional y multinivel. La débil institucionalidad, gobiernos con baja legitimidad, alta corrupción y un deterioro de las organizaciones regionales de apoyo y de cooperación (CELAC, 2013) han impedido una consolidación económica, de cooperación y de combate eficaz contra el crimen.

Según datos del Banco Mundial, las mayores tasas de homicidios intencionales se dieron en El Salvador, Honduras y Venezuela, mientras que España y Portugal mostraron valores muy por debajo de los de todos los demás países de la región (**Tabla 1.4**). En 2018, entre las 50 ciudades más violentas del mundo, 47 eran de Latinoamérica (CCSPJP, 2019). En concreto, en 2018, las 10 ciudades latinoamericanas con mayor tasa de homicidios por 100.000 habitantes fueron: Los Cabos (México), 111; Caracas (Venezuela), 111; Acapulco (México), 106; Natal (Brasil), 102; Tijuana (México), 100; La Paz (México), 84; Fortaleza (Brasil), 83; Victoria (México), 83; Guayana (Venezuela), 80; Belém (Brasil), 71 (CCSPJP, 2019). Esta alta violencia merma la democracia. Entre 1995 y 2017 el 51-69 % de latinoamericanos mostró insatisfacción gubernamental (Latinobarómetro, 2018).

Latinoamérica ha judicializado múltiples disputas por límites territoriales, acceso al agua, salidas al mar y contaminación por actividades extractivas (**Tabla 1.6**). Además, hay disputas en algunos puntos de los 8.000 km de fronteras, donde el 60 % del agua se localiza en cuencas transfronterizas. Los conflictos mayores se dan por presas hidroeléctricas y desviaciones de ríos, en los que indígenas y población rural o urbana han luchado contra la pérdida de tierras y agua limpia. Otro nudo de conflictos está relacionado con el uso de agua para el riego que se destina a actividades más rentables (minería, especulación, inversiones turístico-urbanas). Otros conflictos emergieron por concesiones de agua potable o plantas de tratamientos a empresas transnacionales, que aprovecharon la infraestructura existente y aumentaron los precios sin mejorar el servicio de agua y saneamiento, lo que ha generado protestas masivas entre la población afectada (Empinotti *et ál.,* 2014).

Existe cierto paralelismo entre el balance migratorio y el nivel de desarrollo económico de los países. El balance migratorio neto en 2017, según datos del Banco Mundial, fue positivo para España, el mayor receptor de entre los países RIOCC, con 200.000 personas, seguida de Chile, Panamá, Brasil, Argentina y Costa Rica. Con la excepción de Venezuela que se comenta más adelante, en el extremo opuesto destaca México, con un balance migratorio negativo de 300.000 personas en 2018, que se revirtió en 2019 por el cierre de la frontera norteamericana y donde además quedaron estancados los centroamericanos. En general, el resto de los países latinoamericanos también tiene en mayor o menor grado un balance migratorio negativo (**Tabla 1.4**). En las últimas décadas, los migrantes andinos lo hicieron hacia Brasil y Argentina, mientras que migrantes ecuatorianos se dirigieron hacia la Península Ibérica. No obstante, cambios en las políticas públicas de Brasil y Argentina y la mejora de las condiciones de vida en la región andina han reducido este flujo migratorio. México, además, supone un país de tránsito para migrantes que proceden de Centroamérica, donde sufren abusos severos debido a la presión de los Estados Unidos de América y la relativa impermeabilidad de su frontera (**Figura 1.14**) (Oswald *et ál.,* 2013). La crisis de Venezuela ha expulsado 4,01 millones de personas, de los cuales 3,2 millones se encuentran en Latinoamérica. Con respecto a las regularizaciones (1,8 millones), Colombia es el país que más ha concedido (36,7 %) hasta la fecha (ACNUR, 2019).

A la hora de explicar el flujo migratorio hacia países de la OCDE, se ha observado que factores asociados al cambio climático (aumento de la temperatura, eventos climáticos extremos) están siendo en muchos casos más determinantes que factores sociopolíticos o económicos, especialmente en el caso de los países de origen dependientes de la agricultura (Wesselbaum y Aburn, 2019). En el caso de Iberoamérica se combinan ambos factores en muchos casos, como la dependencia de la agricultura (especialmente en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú, Bolivia y Ecuador, **Tabla 1.4**) y una elevada exposición a amenazas de origen

Tabla 1.6. Judicialización de los diferendos limítrofes en América Latina (2008-2016) llevados a la Corte Interamericana de Justicia. Fuente: elaboración propia a partir de Rojas (2018, pp.345).

Países involucrados	Caso contencioso	Año
Perú contra Chile	Disputa marítima	2008
Ecuador contra Colombia	Fumigación aérea de herbicidas	2008
México contra EE. UU.	Solicitud de interpretación de la sentencia del 31 de marzo de 2004 en el caso de Avena y otros nacionales mexicanos	2008
Costa Rica contra Nicaragua	Ciertas actividades llevadas a cabo por Nicaragua en el área de frontera	2010
Nicaragua contra Costa Rica	Construcción de una carretera en Costa Rica a lo largo del río San Juan	2011
Bolivia contra Chile	Obligación de negociar el acceso al océano Pacífico	2013
Nicaragua contra Colombia	Delimitación plataforma continental entre ambas naciones	2013
Nicaragua contra Colombia	Presuntas violaciones de derechos soberanos y espacios marítimo en el mar Caribe	2013
Costa Rica contra Nicaragua	Delimitación marítima en el mar Caribe y el océano Pacífico	2014
Chile contra Bolivia	Controversia sobre la situación y la utilización de las aguas del Silala	2016



Figura 1.14. Migración ligada a procesos socioeconómicos y ambientales en la región iberoamericana. Fuente: Oswald *et al.* (2013).

climático (Magrin *et al.*, 2014). La migración climática en Latinoamérica ha sido poco analizada y los lugares de mayor afectación por eventos climáticos extremos se concentran en Centroamérica, donde huracanes como Mitch (1998), Stan y Wilma (2005) han obligado a comunidades enteras a abandonar sus hogares (Oswald, 2012). Las Administraciones de Obama y, particularmente, Trump han limitado el número de refugiados en los Estados Unidos de América. No obstante,

según información de la Secretaría de Gobernación, hasta junio de 2019 hubo más de 700.000 transmigrantes de Centroamérica que cruzaron México y esperan el acceso a las autoridades norteamericanas desde el lado mexicano. A partir de 2009, en México se aceleró la migración ambiental interna ante la militarización de la frontera norte (Oswald *et ál.,* 2014). En los países ibéricos, los seguros y subsidios agropecuarios protegen a la población agraria de los vaivenes climáticos, mientras que la cultura de transferir el riesgo está aún poco desarrollada en Latinoamérica (Castro, 2009).

1.6.6. Emisiones de gases de efecto invernadero

Los 22 países RIOCC emitieron un 7,6 % de los gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de quema de combustibles fósiles y procesos industriales, según los últimos datos homogéneos disponibles para 2014 (Climate Watch, 2019) (**Tabla 1.7**). Dentro de la región, se observa que los países más poblados son los mayores emisores de GEI (Brasil y México, con el 2,7 y el 1,4 % de las emisiones mundia-

Tabla 1.7. Balance de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por uso de la tierra y cambios de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), y consumo de renovables por parte de los países RIOCC. Fuente: elaboración propia según los datos más recientes disponibles del sitio web Climate Watch (2019) y del informe PNUD (2018).

	Emisiones sin UTCUTS (Mt CO_2-eq)		**Emisiones por UTCUTS** (Mt CO_2-eq)		**Balance de emisiones, UTCUTS incl.** (Mt CO_2-eq)		**Emisiones per cápita, sin UTCUTS** (t de CO_2-eq per cápita)		**Emisiones per cápita, UTCUTS incl.** (t de CO_2-eq per cápita)		**Consumo de renovables** (% del consumo total)	
Andorra	0,52		0,0		0,50		7,4		7,1		19,7	
Argentina	348,65		94,6		443,26		7,9		10,0		10,0	
Bolivia	48,47		85,7		134,18		4,4		12,1		17,5	
Brasil	1.051		306,2		1.357,18		5,0		6,5		43,8	
Chile	97,15		-104,9		-7,79		5,4		-0,4		24,9	
Colombia	162,87		19,5		182,39		3,3		3,7		23,6	
Costa Rica	13,9		-11,4		2,53		2,8		0,5		38,7	
Cuba	46,83		-14,0		32,87		4,1		2,9		19,3	
Ecuador	60,63		33,9		94,53		3,7		5,7		13,8	
El Salvador	11,82		0,7		12,55		1,8		2,0		24,4	
España	305,82		-33,2		272,67		6,6		5,9		16,3	
Guatemala	30,86		7,6		38,4		1,8		2,3		63,7	
Honduras	21,47		28,1		49,6		2,3		5,3		51,5	
México	721,65		7,5		729,1		5,6		5,6		9,2	
Nicaragua	14,52		0,2		14,74		2,3		2,4		48,2	
Panamá	17,76		8,6		26,31		4,3		6,4		21,2	
Paraguay	39,92		143,3		183,23		5,9		26,9		61,7	
Perú	89,66		71,9		161,51		2,8		5,0		25,5	
Portugal	61,59		1,8		63,35		6,0		6,2		27,2	
República Dominicana	33,11		-8,7		24,41		3,1		2,3		16,5	
Uruguay	33,22		-10,5		22,7		9,5		6,5		58,0	
Venezuela	271,14		66,4		337,54		8,5		10,5		12,8	
Mundial (M)	45.740,7	..	3.151,7	..	48.892,37	..	6,1	..	6,5	..	18,2	..

[1] Nota sobre la fuente y año de toma de datos. Emisiones de GEI totales, sin contar UTCUTS (en Mt CO_2-eq); balance de emisiones de GEI por UTCUTS (en Mt CO_2-eq; emisiones de GEI, UTCUTS incluidos (en Mt CO_2-eq); emisiones de GEI per cápita, sin contar UTCUTS (en toneladas CO_2-eq per cápita); emisiones GHG per cápita, UTCUTS incl. (en toneladas CO_2-eq per cápita), según datos de Climate Watch para 2014. Consumo de renovables, según datos de PNUD para 2015. [2] Leyenda de colores: emisiones, en gris (cuanto más oscuro, mayores emisiones); renovables, en verde (cuanto más oscuro, mayor consumo de renovables).

les, respectivamente). Sin embargo, en un análisis de las emisiones per cápita, los mayores emisores son Uruguay, Venezuela, Argentina, Andorra y España (con valores de 9,5; 8,5; 7,9; 7,4 y 6,6 toneladas de CO_2-eq per cápita, respectivamente), quedando por delante de los dos más poblados y con una media de emisiones superior a la media mundial de 6,1 toneladas de CO_2-eq per cápita. En contraste, seis países de Centroamérica y Perú fueron los que generaron menos emisiones per cápita (**Tabla 1.7**). En cualquier caso, todos los países de Iberoamérica quedan lejos de los grandes emisores como Australia o Estados Unidos, con unas 20 toneladas de CO_2-eq per cápita, es decir, más del doble que los valores máximos de los países RIOCC.

Sin embargo, para tener una idea más ajustada de las emisiones es importante incorporar al balance las emisiones por usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), un sector especialmente relevante para la región. Mientras que en algunos de los países el sector UTCUTS actuaría como sumidero (Chile, España, Cuba, Costa Rica, Uruguay y República Dominicana) (**Tabla 1.7**), en otros el balance de emisiones se incrementa debido a actividades de deforestación de bosques para su conversión en cultivos u otros tipos de usos, quema de biomasa, descomposición y mal manejo de desechos sólidos y líquidos (Fearnside, 2000). Considerando dicho análisis (de emisiones per cápita UTCUTS incluidas), se observa que en el *ranking* resultante el puesto inferior (es decir, con menor balance de emisiones) lo ocupa Chile, que compensa con creces sus emisiones mediante UTCUTS, acompañado de varios de los países de Centroamérica, que se mantienen (Costa Rica, El Salvador, República Dominicana, Guatemala, Nicaragua), y Cuba, que al tener en cuenta los UTCUTS se incorpora al grupo de los países con menores emisiones netas per cápita (**Tabla 1.7**). El análisis de los porcentajes de emisiones de GEI por sector (% calculado según el total de las emisiones sin contar las debidas a los UTCUTS) indica que, teniendo en cuenta los mismos datos de Climate Watch para 2014, en la mayoría de los países RIOCC la agricultura es el sector que más emisiones genera, seguido generalmente de los sectores del transporte y la electricidad/calefacción (**Tabla 1.8**).

Tabla 1.8. Emisiones de GEI por sector (% con respecto al total, sin contar UTCUTS). Fuente: elaboración propia a partir de datos de emisiones totales sin contar UTCUTS y de GEI por sector de Climate Watch para 2014 (sitio web Climate Watch, 2019). n.d.= no disponible.

	Electricidad y calefacción	Transporte	Procesos industriales	Manufactura y construcción	Agricultura	Residuos	Quema de otros combustibles	Emisiones fugitivas
Andorra	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Argentina	21,0	13,3	3,0	9,3	32,2	4,6	12,5	4,0
Bolivia	9,3	15,4	3,7	4,4	47,8	4,2	9,8	5,4
Brasil	11,9	20,3	5,4	9,3	42,0	4,3	5,8	0,9
Chile	33,6	24,3	4,2	14,6	10,1	3,0	8,3	2,1
Colombia	12,0	18,3	5,1	8,2	32,9	7,5	7,3	8,7
Costa Rica	5,5	35,4	9,5	7,1	25,0	11,1	6,4	0,0
Cuba	33,2	2,7	5,2	18,8	22,4	4,9	9,7	3,1
Ecuador	16,9	26,6	6,3	8,5	21,4	3,6	13,6	3,1
El Salvador	14,0	23,9	8,4	5,9	22,2	8,9	16,6	0,0
España	28,4	26,8	5,0	10,8	11,9	5,3	11,3	0,5
Guatemala	11,0	20,9	7,3	17,9	27,2	4,2	11,5	0,0
Honduras	16,7	16,1	4,5	4,0	27,6	21,2	9,9	0,0
México	26,3	21,0	6,0	8,0	11,7	15,5	6,5	5,0
Nicaragua	10,7	13,0	3,2	3,9	52,9	5,9	10,5	0,0
Panamá	18,4	21,7	7,7	14,5	19,1	13,0	5,5	0,0
Paraguay	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Perú	18,3	21,5	7,1	9,3	25,9	10,6	6,0	1,2
Portugal	28,6	25,5	5,8	9,0	10,3	12,3	8,2	0,3
República Dominicana	31,2	15,3	8,3	6,8	23,5	6,2	8,5	0,2
Uruguay	2,9	10,4	3,2	2,4	72,9	4,5	3,6	0,1
Venezuela	20,3	18,5	4,2	15,8	13,3	3,0	2,8	22,1
Mundial (M)	33,5	16,5	6,9	13,6	11,5	3,3	9,0	5,7

Con respecto a la mitigación, se observa que, aunque el consumo de energías renovables es variable en los distintos países RIOCC, en general es elevado y por encima o muy por encima de la media mundial del 18,2 %, llegando hasta el 63 % en el caso de Guatemala, según datos de 2015 (**Tabla 1.7**). Por otro lado, existen diversas iniciativas para la reducción de las emisiones de metano (Benaouda *et ál.,* 2017), lo cual, dada la importancia de las emisiones por parte del sector agropecuario en la región, tiene especial interés. En su conjunto, Latinoamérica destaca por su elevado consumo de renovables frente al consumo de otras fuentes de energía fósil (petróleo, carbón, gas natural) y presenta un mejor balance que cualquier otra región del mundo (Dong *et ál.,* 2018). Sin embargo, los países de la región con mayor PIB todavía son altamente dependientes de la energía fósil, y aún no se ha producido la desvinculación entre crecimiento económico y crecimiento de las emisiones, necesaria para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible que garanticen el bienestar y calidad de vida de las personas (Román-Collado y Morales-Carrión, 2018).

1.7. Marco político e institucional

1.7.1. Evaluación de la adaptación en el marco del Acuerdo de París

El Acuerdo de París, adoptado por 196 países en diciembre de 2015 en la XXI sesión de la Conferencia de las Partes (COP) de la CMNUCC y ratificado por 185 miembros a fecha de marzo de 2019, entre los que se encuentran todos los países RIOCC, establece que la adaptación al cambio climático es una meta mundial, pretendiendo «aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada» (UNFCCC, 2015). Establece también el compromiso de las partes de evaluar los progresos realizados sobre adaptación, así como los mecanismos para comunicar periódicamente dichos avances por las vías establecidas. El Acuerdo de París estará plenamente efectivo en 2020, y establece que para 2023 se deberá realizar un balance global de todos los objetivos del acuerdo, incluidos los de adaptación.

La evaluación de la adaptación al cambio climático es, por tanto, un objetivo común a todos los países RIOCC como partes signatarias del acuerdo. Sin embargo, el cumplimiento de esos compromisos plantea dificultades, tanto a nivel nacional como global. Por un lado, la propia identificación de las actuaciones de adaptación no siempre es directa, debido a la transversalidad de algunas acciones, ya que estas pueden formar parte de proyectos de desarrollo, de planes de reducción del riesgo de desastres, aparecer integradas en otras políticas más amplias, etcétera. Por otro lado, las opciones para abordar la evaluación son diversas, cada una con distintas dificultades y retos, que han sido analizados en profundidad en el informe Adaptation Gap Report (UNEP, 2017). En la **Figura 1.15** se presenta un esquema de los principales métodos para la evaluación de los progresos en adaptación, con las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.



Figura 1.15. Esquema de los principales métodos para la evaluación de los progresos en adaptación al cambio climático. Fuente: elaboración propia según datos del UNEP, 2016; 2017.

1.7.2. Perspectiva nacional para la evaluación de la ACC

La perspectiva nacional para la evaluación de la adaptación consiste en analizar los avances nacionales declarados por las partes a la CMNUCC a través de diversas vías, como pueden ser las comunicaciones nacionales (NC por sus siglas en inglés), las contribuciones nacionales previstas (INC por sus siglas en inglés) o los planes nacionales de adaptación (NAP por sus siglas en inglés), entre otras. Este tipo de comunicaciones generalmente consisten en autoinformes de carácter narrativo, donde se declaran las actuaciones de adaptación que los países llevan a cabo y sus resultados (UNEP, 2017). Dado que la atribución de resultados no siempre es posible, generalmente es más sencillo evaluar las actuaciones. En cualquier caso, esta es una aproximación más bien cualitativa, que permite saber cuáles son las prioridades de actuación de los países.

Por ejemplo, un análisis de las comunicaciones nacionales sirve para conocer a grandes rasgos cuáles son los sectores que están siendo abordados en materia de adaptación por los distintos países (**Tabla 1.9**). Algunos temas más frecuen-

Tabla 1.9. Análisis de presencia/ausencia de medidas de adaptación por sectores en las comunicaciones nacionales (CN) más recientes de los países RIOCC a la CMNUCC, a fecha de 30/04/2019. Se señalaron con (+) los sectores sobre los cuales se mencionan acciones de ACC explícitamente proyectadas o en implementación (incluidas leyes, planes y programas sectoriales que tengan en cuenta enfoque de adaptación). Se señalaron con (-) los sectores que no aparecen entre las acciones de ACC explícitamente proyectadas/implementadas. Fuente: sitio web (UNFCCC, 2019).

	Última NC publicada	Año de publicación	Sociedad	Ecosistemas terrestres	Ecosistemas marinos	Biodiversidad	Recursos hídricos	Recursos agropecuarios	Recursos forestales	Recursos pesqueros	Tormentas y huracanes	Inundaciones y sequías	Deslizamientos	Incendios	Asentamientos	Zonas costeras	Turismo	Salud
Andorra	CN1	2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Argentina	CN3	2015	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+
Bolivia	CN2	2009	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Brasil	CN3	2016	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+
Chile	CN3	2016	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	+
Colombia	CN3	2017	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+
Costa Rica	CN3	2014	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+
Cuba	CN2	2015	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ecuador	CN3	2017	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
El Salvador	CN3	2018	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+
España	CN7	2017	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+
Guatemala	CN2	2016	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
Honduras	CN2	2012	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+
México	CN6	2018	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Nicaragua	CN3	2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Panamá	CN3	2018	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+
Paraguay	CN3	2017	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+
Perú	CN3	2016	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+
Portugal	CN7	2017	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
República Dominicana	CN3	2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uruguay	CN4	2016	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+
Venezuela	CN2	2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

temente tratados en las correspondientes comunicaciones nacionales a la CMNUCC más recientes (a fecha de 30 de abril de 2019) fueron recursos hídricos, recursos agropecuarios, ecosistemas terrestres, salud humana, asentamientos rurales y urbanos, recursos forestales y biodiversidad. Ha de tenerse en cuenta que algunos de los sectores incluidos en este informe no aparecen explícitamente en las comunicaciones nacionales (como puede ser el caso de tormentas, huracanes, deslizamientos o incendios), lo que no quiere decir que no estén siendo abordados a través de otros planes específicos, como por ejemplo, los de gestión de riesgo de desastres.

Análogamente, en las contribuciones determinadas nacionalmente remitidas a la CMNUCC (NDC por sus siglas en inglés) se puede apreciar que la adaptación ocupa un papel central para Latinoamérica. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los puntos de coincidencia en más de la mitad de las contribuciones corresponden a los siguientes sectores considerados prioritarios: seguridad alimentaria y producción agrícola, 90 %; disponibilidad de agua y gestión de los recursos hídricos, 77 %; salud humana, 71 %; infraestructura, 58 %; ecosistemas y biodiversidad, 55 %; asentamientos humanos, vivienda e infraestructura urbana, y zonas costeras y recursos marinos. El factor crítico para la implementación de acciones de adaptación es el acceso a recursos financieros, por lo que algunas de las contribuciones de adaptación son condicionales.

Los avances en legislación también son objeto de este tipo de análisis desde una perspectiva nacional. Por ejemplo, Galindo *et ál.* (2017) identifican para Latinoamérica 245 políticas globales cuyo objetivo primario es la adaptación, de las cuales 57 estuvieron dedicadas a recursos hídricos, 54, a recursos agropecuarios; 39, a infraestructuras; 31, a salud; 29, a biodiversidad; 20, a energía, y 15, a recursos forestales. Un caso especial de políticas de adaptación corresponde a las megaciudades iberoamericanas, recordando que cerca del 80 % de la población vive en zonas urbanas. En ellas, los aspectos de mitigación, combinados con la adaptación, son particularmente relevantes (Calvo, 2010; Magrin, 2015). A lo largo del presente informe, en los distintos capítulos, se analizan para cada uno de los sectores estudiados los avances en este sentido (planes nacionales, sectoriales, etc.).

En todo caso, la mayor preocupación resulta frente a los eventos meteorológicos o climáticos extremos que proceden tanto del clima actual y su variabilidad como del cambio climático. De esta manera, los huracanes del Caribe, y en forma creciente los del Pacífico centroamericano y mexicano, y la Oscilación Sur El Niño se pueden considerar como las mayores fuentes de preocupación (Poushter y Manevich, 2017). Otro aspecto creciente son las políticas vinculadas a los incendios forestales, relevantes sobre todo en los países templados (Península Ibérica y Cono Sur) y tropicales estacionales y secos, aunque cada vez es mayor en todas las regiones tropicales. Igualmente, el ascenso del nivel del mar es un tema álgido, excepto en los dos países interiores (Bolivia y Paraguay). Finalmente, las sequías que afectan tanto a la Península Ibérica como al Nordeste brasileño y la costa occidental sudamericana y México, principalmente, han generado diversas prácticas de adaptación, algunas de ellas basadas en conocimientos ancestrales, especialmente en la región andina sudamericana.

1.7.3. Perspectiva global para la evaluación de la adaptación al cambio climático

La perspectiva global para la evaluación de la adaptación consiste en realizar inventarios estandarizados para evaluar el progreso de los países en materia de adaptación (UNEP, 2017). Entre ellos destaca el sistema de evaluación comparativo Índice de Adaptación Global Notre-Dame (ND-GAIN) (Chen *et ál.,* 2015). El sistema abarca un amplio espectro temporal (con estimaciones realizadas desde 1995) y se ha aplicado a un buen número de países del mundo, incluidos todos los de la RIOCC (**Tabla 1.10**). El Índice de Adaptación Global Notre-Dame (ND-GAIN) se calcula a partir de 45 indicadores que se agrupan en dos tipos principales: los indicadores de «preparación» para la ACC (cuanta mayor sea la preparación, mayor es el resultado del índice) y los indicadores de «vulnerabilidad» ante el CC (cuanta mayor sea la vulnerabilidad, menor es el valor del índice). A grandes rasgos, los indicadores de preparación para la adaptación cuantifican la disposición de los países en términos económicos, de gobernanza y sociales a hacer frente al cambio climático. Por su parte, los indicadores de vulnerabilidad se basan en diversos componentes transversales (exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa) y sectoriales (servicios ecosistémicos, agua, alimentación, salud, asentamientos e infraestructuras). Este tipo de índices estandarizados, como el ND, tiene diversas ventajas: permite comparar/agregar los valores de cara a un inventario global internacional, es un proceso transparente, posibilita medir el progreso a lo largo del tiempo, es factible y se encuadra de forma coherente en el marco de la adaptación. No obstante, tiene la desventaja de que carece de sensibilidad al contexto nacional (Chen *et ál.,* 2015; Berrang-Ford *et ál.,* 2017).

Complementariamente a los dos enfoques anteriores (nacional y global), el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Marco de Sendai de reducción de riesgo de desastres proporcionan una oportunidad para establecer sinergias con los objetivos de adaptación mediante el uso de indicadores comunes, la implementación conjunta o el desarrollo de capacidades y políticas (Berrang-Ford *et ál.,* 2017). El propio Acuerdo de París está explícitamente alineado con ambos marcos (ODS y Sendai), que fueron establecidos en el mismo año, 2015. Por ello en cada capítulo se ha tratado de incluir, para cada sector, una tabla que relaciona cada posible medida de adaptación con los objetivos de los marcos de ODS y Sendai, y se señalan las posibles interacciones con la mitigación.

Tabla 1.10. Resultados del sistema de evaluación de la adaptación Notre Dame (ND-GAIN) aplicado a los países RIOCC (excepto Andorra) para el año 2017. Por columnas se muestran el valor del índice global de evaluación de la adaptación Notre Dame (ND-GAIN); la posición de los países en el *ranking* mundial, y los valores de los principales componentes del índice ND-GAIN desglosados (disposición y vulnerabilidad). En la columna del *ranking* mundial el verde corresponde a los puestos 1-50; el amarillo, a los puestos 51-100 y el rojo, a los puestos 101-150. En la columna de la variable «preparación» para la adaptación la escala de azules representa cuanto más oscuro, más preparado. En la columna de la variable «vulnerabilidad» la escala de naranjas representa cuanto más oscuro, más vulnerable. Fuente: sitio web ND-GAIN (2019).

	Evaluación de la ACC según el índice global de Notre Dame (ND-GAIN)			Principales componentes del índice ND-GAIN			
	Resultados 2017	Posición en el *ranking* mundial		Preparación para la ACC		Vulnerabilidad frente al CC	
España	62,63	24		0,56		0,31	
Portugal	61,62	27		0,58		0,35	
Chile	61,29	28		0,57		0,34	
Uruguay	54,36	55		0,47		0,38	
Costa Rica	53,52	61		0,46		0,39	
Argentina	51,94	69		0,41		0,37	
Panamá	50,81	72		0,42		0,41	
Perú	50,80	75		0,44		0,43	
México	50,67	76		0,40		0,38	
Colombia	50,66	77		0,40		0,39	
Brasil	50,35	80		0,39		0,38	
Paraguay	47,55	93		0,34		0,38	
R. Dominicana	47,41	94		0,38		0,43	
Cuba	45,47	104		0,34		0,43	
El Salvador	44,97	109		0,35		0,45	
Ecuador	44,67	110		0,34		0,45	
Guatemala	43,28	111		0,32		0,46	
Nicaragua	42,55	115		0,30		0,45	
Venezuela	42,11	121		0,19		0,35	
Honduras	41,26	122		0,29		0,46	
Bolivia	40,34	127		0,27		0,46	

1.7.4. Mecanismos de coordinación en la región para la adaptación

Actualmente en Iberoamérica la mayoría de los puntos focales de la CMNUCC son sus Ministerios de Asuntos (o Relaciones) Exteriores, generalmente acompañados por sus Ministerios de Medio Ambiente. Los ministerios encargados de la agricultura, el saneamiento y los organismos encargados de la gestión de riesgo de desastres también han asumido gran parte de la adaptación realizada en la región. Sin embargo, existe una creciente implicación de sectores, como los de vivienda o transporte, que están trabajando en escalas temporales más largas, o el sector salud, especialmente afectado por la movilidad de las enfermedades transmitidas por vectores. A pesar de estos avances, se requiere una mayor cooperación internacional entre los ministerios y sectores mencionados para hacer más eficiente el proceso de implementación.

A nivel supranacional se observa que mientras que los esfuerzos de la Unión Europea con relación al cambio climáticos están muy difundidos y son de conocimiento general, los realizados en Latinoamérica tienen un menor conocimiento general. Sin embargo, Latinoamérica ha sido sede en cuatro ocasiones de la Conferencia de las Partes de la CMNUCC (dos veces en Buenos Aires, una en Cancún, y en 2014 en Lima) y en diciembre de 2019, bajo la presidencia de

Chile, organizó la COP 25, celebrada en Madrid (España). Los países latinoamericanos sin excepción han ratificado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Acuerdo de París y el Protocolo de Kioto, y la gran mayoría de ellos ha ratificado la Enmienda de Doha (aunque cerca de un tercio de las ratificaciones necesarias para la entrada en vigor se podrían obtener de los países latinoamericanos faltantes).

Desde el punto de vista de las negociaciones, pese a la variabilidad de algunos actores, los países de Latinoamérica han participado en los siguientes grupos: Grupo Regional de América Latina y el Caribe (junto con países de la región de habla inglesa, francesa o neerlandesa), Grupo de los 77 y China (todos, excepto México, que integra con Corea del Sur, Liechtenstein, Mónaco y Suiza el Grupo de la Integridad Ambiental) y grupos por afinidad en temas de negociación (Alba, Ailac, ABU, etc.).

Además, conviene destacar el papel de la RIOCC, que permite articular todas las oficinas de cambio climático a nivel de Iberoamérica. Por otro lado, es importante señalar también un grupo de organismos subregionales que han tenido singular importancia en los esfuerzos de adaptación, entre los que destacan el Sistema de Integración Centroamericana (SICA), la Comunidad Andina de Naciones (CAN), el Tratado de Cooperación Amazónica (TCA), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) y Mercosur. Estos últimos han tenido particular importancia al tratar fenómenos subregionales como huracanes y tormentas tropicales, retroceso de glaciares tropicales, adaptación en bosques tropicales, el fenómeno El Niño y la adaptación en la cuenca del río de la Plata. Estas experiencias se ven reflejadas tanto en otras organizaciones globales y regionales como en su influencia en los planes nacionales y los programas de adaptación. Otro espacio que se viene consolidando en los últimos años es el formato de las semanas del clima (LACCW), como la más reciente llevada a cabo en Montevideo, en agosto de 2018, diseñadas para avanzar en la acción climática regional y apoyar la implementación de las contribuciones nacionales (NDC) de los países bajo el Acuerdo de París, así como la acción climática para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

En conclusión, el régimen global en adaptación continúa avanzando, aunque se recomienda fortalecer y establecer redes y centros regionales. De estos, la RIOCC se puede convertir en el espacio natural, junto con EUROCLIMA, de intercambio de ideas y experiencias entre las dos grandes regiones a las que pertenecen sus miembros (LAC y UE), así como establecer redes por tema y que brinden la posibilidad de intercambiar literatura científica en español y portugués.

Históricamente, en la CMNUCC el tema de adaptación ha ocupado un rol marginal pero creciente. Probablemente el punto de inflexión con respecto a la adaptación se dio en 2010, con la creación del Marco de Adaptación de Cancún, el mismo que estableció el Comité de Adaptación, el cual desde su primera reunión en 2012 ha venido organizando los Foros Anuales de Adaptación. El primero de ellos se realizó en Varsovia en 2013. Cabe señalar que desde ese año con la inclusión del tema de pérdidas y daños, el espectro se ha visto ampliado. El propio Acuerdo de París, en su artículo 8, menciona las ocho esferas en las que se debería actuar de manera cooperativa y facilitativa para mejorar la comprensión, las medidas y el apoyo: (a) los sistemas de alerta temprana; (b) la preparación para situaciones de emergencia; (c) los fenómenos de evolución lenta; (d) los fenómenos que puedan producir pérdidas y daños permanentes e irreversibles; (e) la evaluación y gestión integral del riesgo; (f) los servicios de seguros de riesgos, la mancomunación del riesgo climático y otras soluciones en el ámbito de los seguros; (g) las pérdidas no económicas, y (h) la resiliencia de las comunidades, los medios de vida y los ecosistemas. En diciembre de 2017, la discusión en la CMNUCC se centraba en el avance de acciones de adaptación y en el establecimiento de un registro internacional sobre adaptación. En cuanto a tecnologías para adaptación, se han priorizado el agua y la agricultura. Finalmente, en 2017 se estableció la relevancia de la continuidad del Fondo de Adaptación, pero no quedaron claros sus mecanismos de gobernanza ni sus fuentes de financiamiento.

1.7.5. Seguimiento de la financiación

La movilización de recursos financieros ha sido señalada como una señal clara de compromiso político ante los riesgos climáticos (Lesnikowski *et ál.,* 2017). La cifra estimada de financiación pública global destinada a la ACC para 2014 fue de 25.000 millones de dólares (Buchner *et ál.,* 2015; Trabacchi *et ál.,* 2016). Esto nos puede dar una idea del volumen de financiación disponible, y aunque la financiación pública internacional representa tan solo una parte del total, en cualquier caso se trata de una parte importante. Se desconoce, sin embargo, la cifra de financiación privada y la de financiación pública nacional debido a la falta de seguimiento sistemático por estar integradas en políticas más amplias, o por formar parte de proyectos de desarrollo que contribuyen a la adaptación sin mencionarla de forma explícita en sus objetivos (Trabacchi *et ál.,* 2016).

La parte proporcional de financiación pública global anual correspondiente a la región de Latinoamérica y el Caribe es un 12 % del total (3.000 millones de dólares de los 25.000 millones globales). Cabe señalar en este punto que el dato se ha calculado para todos los países de la región de Latinoamérica y el Caribe (Trabacchi *et ál.,* 2016), y no solo para los países RIOCC. Es difícil encontrar información por países de las tres vías posibles de financiación pública anteriormente citadas, es decir, instituciones de desarrollo, contribuciones directas y fondos destinados al clima. De estos tres, son los fondos los que disponen de información más sistemática y accesible (si no los únicos) en lo que respecta a datos por países. Aunque los fondos destinados al clima en 2014 representaron un 4 % de los fondos públicos globales (tan solo 1.000 de los 25.000 millones de dólares), son la herramienta que proporciona los términos más ventajosos para los países receptores, y se prevé que esta forma de financiación vaya en aumento.

El Acuerdo de París (UNFCCC, 2015) establece que se deberá proporcionar un flujo de apoyo continuado en los ámbitos financiero, tecnológico y del conocimiento desde los países desarrollados hacia los países en desarrollo debido a que «tanto históricamente como en la actualidad, la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo han tenido su origen en los países desarrollados, que las emisiones per cápita en los países en desarrollo son todavía relativamente reducidas, y que la proporción del total de emisiones originada en esos países aumentará para permitirles satisfacer sus necesidades sociales y de desarrollo» (UNFCCC, 1992). Efectivamente, mientras que el balance de emisiones pone de manifiesto que los países de Iberoamérica contribuyen proporcionalmente poco a las emisiones que causan el calentamiento global en comparación con otras regiones del mundo (Climate Watch, 2019), sin embargo, la región aparece entre las más amenazadas del mundo, según diversos indicadores de riesgos climáticos (Mora *et ál.,* 2017). Entre los fondos destinados al clima que se dedican a la adaptación destacan el Programa Piloto Para la Resiliencia (PPCR); el Fondo para los Países Menos Desarrollados (LDCF); el Fondo de Adaptación (AF); el Programa para la Adaptación de Pequeños Agricultores (ASAP); el Fondo Especial para el Cambio Climático (SCCF); el Fondo de Logros MDG (MDG-F) y, desde 2015, el Fondo Verde para el Clima (GFC) (todos por sus siglas en inglés) (Trabacchi *et ál.,* 2016; CFU, 2017). En muchos de los países RIOCC actualmente existen diversos proyectos financiados a través de fondos como el AF y el GFC.

Otras entidades supranacionales participan en la obtención y canalización de dicha financiación. El Banco Mundial ayuda de manera activa a los países a cumplir e incluso superar las expectativas del Acuerdo de París, proporcionando financiamiento, asistencia técnica y servicios de intercambio de conocimientos. Además, ha sido el administrador del GCF desde su origen (provisional a la espera de designación del definitivo) (Banco Mundial, 2017; GCF, 2017). Por su parte, la UE y sus Estados miembros, entre los que se incluyen también miembros de la RIOCC, están realizando importantes aportaciones económicas, habiéndose comprometido a ampliar constantemente la movilización de la financiación internacional para el clima como parte del objetivo colectivo de los países desarrollados de promover la mitigación y la adaptación. Para ello, se proponen utilizar una gran variedad de fuentes, instrumentos y cauces (Consejo Europeo, 2017a, 2017b). La participación de los bancos multilaterales (BID, CAF, etc.) y nacionales de desarrollo para escalar el financiamiento para la adaptación al cambio climático es cada vez más significativa. También han adquirido fuerza los fideicomisos y fondos nacionales, como los fondos del clima de México y Brasil, con fondos provenientes de sus respectivos presupuestos nacionales. Incluso la banca privada dispone de instrumentos financieros orientados a la adaptación, con capitales propios o a través de la transferencia de recursos provenientes de diferentes fuentes (Samaniego y Schneider, 2015).

Preguntas frecuentes

1. ¿Será homogéneo el calentamiento climático en los países RIOCC?

El calentamiento global está mayoritariamente causado por las emisiones de gases de efecto invernadero. Dichos gases tienden a repartirse homogéneamente en la atmosfera, independientemente de dónde se emiten, de manera que las concentraciones medias son muy similares en cualquier punto del planeta. No obstante, la temperatura en un punto dado es función de otros factores. Así, actualmente, la temperatura es de 1° a 2° más alta en el hemisferio norte que en el sur (HN y HS, respectivamente). Esta diferencia es debida mayoritariamente al transporte oceánico de calor desde latitudes bajas hacia los polos (p. ej., por la Corriente del Golfo), así como a las diferencias de albedo (mayor en el HN) y temperatura (menor en la Antártida) en las zonas polares de ambos hemisferios. La diferencia de temperatura entre los hemisferios ha aumentado debido a la pérdida de hielo y nieve en el HN. El mayor calentamiento de la tierra comparado con el océano contribuye a engrosar esta diferencia. Conforme las emisiones de gases de efecto invernadero continúen sin control en el siglo XXI, la diferencia de temperatura entre hemisferios seguirá aumentando, debido al incremento de pérdida de hielo ártico, y consecuente cambio en el albedo, mientras que en escenarios más bajos predomina el descenso del transporte de calor. Consiguientemente, el mayor calentamiento se está produciendo y producirá en latitudes altas del HN. A nivel local, diferencias en la continentalidad, topografía, altitud y otros factores hacen que el calentamiento no sea homogéneo en dos puntos con similar latitud.

2. ¿Cómo afectará el cambio climático a la precipitación?

La capacidad del aire para retener vapor de agua aumenta conforme lo hace la temperatura. Se estima que la cantidad de vapor de agua retenida en la atmósfera ha ido aumentado conforme el planeta se ha calentado hasta ahora (2019) en aproximadamente 1 °C. Como la lluvia depende del vapor de agua que hay retenido en la atmósfera, esto implica que la intensidad de esta aumentará, y existen evidencias de que así está ocurriendo. Por otro lado, una temperatura más cálida implica una mayor evaporación, lo que acelera la desecación de la superficie terrestre y se traduce en un mayor calentamiento, así como en un incremento de la frecuencia e intensidad de las sequías. La precipitación aumentará donde ya es alta (latitudes superiores) y disminuirá donde es baja (subtrópicos), tendencias que ya vienen observándose.

3. ¿Qué es la adaptación al cambio climático y por qué hay que ponerla en práctica?

La adaptación al cambio climático es el conjunto de medidas que los gobiernos, comunidades o entidades priva-

das ponen en marcha para evitar o reducir los impactos derivados de los riesgos del clima como consecuencia del cambio climático, riesgos que se espera que aumenten en general o que emerjan como nuevos, así como para poder beneficiarse de las oportunidades que pueda generar el cambio climático. En general, lo más extendido son las actuaciones planificadas llevadas a cabo por los gobiernos, de manera jerarquizada, de arriba abajo, desde la Administración central a otras estatales/regionales o locales. Las comunidades o entidades privadas también pueden poner en marcha sus propias medidas de adaptación autónoma. Las acciones pueden ser de tipo blando (leyes, ordenamientos, reglamentos, educación, formación, etc.) o duro (infraestructuras de todo tipo). La adaptación al cambio climático hay que ponerla en marcha sin demora, puesto que el clima ya ha cambiado, el nivel medio del mar sigue subiendo, así como la concentración atmosférica de CO_2, con su consiguiente efecto fertilizador sobre las plantas y de disminución del pH del agua del mar. Existen evidencias de que una mayoría de eventos meteorológicos o climáticos extremos son más probables ahora de lo que eran anteriormente como consecuencia del calentamiento ya observado. El aumento continuado de la temperatura y del nivel medio del mar, entre otros, hace más probables dichos eventos.

4. ¿De qué depende la capacidad adaptativa frente al cambio climático?

Por capacidad adaptativa al cambio climático entendemos la habilidad de los sistemas naturales o humanos para soportar los daños potenciales del cambio climático, aprovechar sus oportunidades o responder a sus consecuencias. En los sistemas ecológicos, la capacidad adaptativa es el resultado de la presión evolutiva para resistir determinados extremos o perturbaciones y para recuperarse de ellos una vez que ocurren. La resiliencia ecológica es un parámetro clave de la misma. Nuestra capacidad para modular estas capacidades en el corto plazo es, en general, limitada. Disminuir la presión de otros factores de estrés o perturbaciones, sobre todo ocasionados por el hombre, es una vía para mantener su integridad y capacidad de respuesta frente al cambio climático. En los sistemas humanos, la capacidad adaptativa viene dada por la facultad de responder a los cambios y mantener inalterado o con el menor daño posible el bienestar social. La evaluación de esta suele basarse en parámetros políticos (gobernanza, normas/leyes, instituciones), económicos (riqueza, distribución de la misma) y sociales (capital social, nivel educativo, creencias). Así, una sociedad altamente desarrollada, con instituciones de gobierno respetadas y educada tendrá más capacidad adaptativa que otra que no tenga tales características. Por otro lado, no todos los grupos sociales tienen las mismas capacidades y oportunidades, ni son igualmente vulnerables, ni están igualmente expuestos, por lo que el riesgo no está homogéneamente repartido en una sociedad.

5. ¿Cómo se deben gestionar los riesgos del cambio climático?

La gestión del riesgo se basa en el conocimiento de la amenaza o peligro, de sus características, en particular su intensidad, y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos. La interacción entre estos componentes determina el riesgo, cuya materialización se transforma en impactos. Cuanto menos se conozcan los diversos componentes del riesgo, más difícil será su gestión, por cuanto no sabremos a qué impactos tendremos que enfrentarnos. Dada la naturaleza cambiante del clima conforme siguen aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero, los riesgos seguirán cambiando, sin que tengamos una idea precisa de cuánto, ni de si aparecerán algunos nuevos. Muchos récords de eventos meteorológicos y climáticos extremos se ven superados con gran frecuencia y no por un poco, sino por mucho, lo que quiere decir que ciertos sucesos se están haciendo más probables de lo que hubiésemos calculado basándonos en el clima de antes. Puesto que el futuro depende de las decisiones que tomemos, esto es, de la mayor o menor ambición en la mitigación o en la puesta en marcha de medidas adaptativas, las incertidumbres se multiplican. Por ello es necesario adoptar las medidas adecuadas según el conocimiento que tengamos en cada momento y estar dispuestos a revisarlas continuamente, conforme las condiciones de contorno continúen cambiando, siguiendo un proceso adaptativo de gestión del riesgo.

Agradecimientos

A la Dra. Olga Viedma (UCLM) por su colaboración en la elaboración de los mapas de este documento. A Jorge Cortés, Jaime Mendo, Fabio Scarano, Karina Miglioranza, Gustavo Nagy, Alicia Villalmizar y Sebastián Villasante y Karol Ulate por su colaboración en las descripciones sobre los sistemas marino-costeros. A Carlos Lemus por su colaboración en la elaboración de la Figura 1.13.

Bibliografía

Abell, R., M.L. Thieme, C. Revenga, M. Bryer, M. Kottelat, N. Bogutskaya, B. Coad, N. Mandrak, S.C. Balderas, W. Bussing, M.L.J. Stiassny, P. Skelton, G.R. Allen, P. Unmack, A. Naseka, R.Ng, N. Sindorf, J. Robertson, E. Armijo, J.V. Higgins, T.J. Heibel, E. Wikramanayake, D. Olson, H.L. López, R.E. Reis, J.G. Lundberg, M.H. Sabaj Pérez y P. Petry, 2008: Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience,* 58(5), 403-414.

ACNUR, 2019: *Situación en Venezuela,* UNHCR. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://www.acnur.org/situacion-en-venezuela.html

Alfaro, E., 2014: *Principales forzantes del clima en la región Centroamericana y actividades recientes de pronóstico estacional*.

Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/ealfaro.pdf

Armesto, J.J., C. Villagrán y M. Kalin Arroyo (eds.), 1991: *Ecología de los Bosques Nativos de Chile.* Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 469 pp.

Asadich, B. y N. Krakauer, 2015: Global trends in extreme precipitation climate models versus observations. *Hydrol. Earth Syst. Sci,* 19, 877-891.

Alvarado, N. y R. Muggah, 2018: *Crimen y violencia: Un obstáculo para el desarrollo de las ciudades de América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington DC, USA, 40 pp.

Banco Mundial, 2017: *Entendiendo la Pobreza;* Temas; Cambio Climático. Portal del Banco Mundial: Sitio web consultado el 20 de diciembre de 2017, http://www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview

Banco Mundial, 2019a: Datos de libre acceso del Banco Mundial: Indicadores. The World Bank Group, Washington, NY, USA. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://datos.bancomundial.org/indicador

Banco Mundial, 2019b: *World Bank Country and Lending Groups*. The World Bank Group, Washington, NY, USA. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups

Barros, V. e I. Camilloni, 2016: *La Argentina y el Cambio Climático. De la Física a la Política.* Editorial EUDEBA, Buenos Aires, Argentina, 265 pp.

Barry, R. y R. Chorney, 1992: *Atmosphere, Weather and Climate*. Routledge, Chapman and Hall, Inc. New York, 392 pp.

Bee, S., A. Atteridge, P. Pauw, P. Terpstra y P. Watkiss, 2016: Introduction. En: *The Adaptation Finance Gap Report 2016* [Puig, D., A. Olhoff, S. Bee, B. Dickson y K. Alverson (eds.)]. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, pp 1-6.

Benaouda, M., M. González Ronquillo, L.T. Molina y O.A. Castelán Ortega, 2017: Estado de la investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. *Revista mexicana de ciencias agrícolas,* 8(4), 965-974.

Berrang-Ford, L., F. M. Wang, A. Lesnikowski, J. Ford y R. Biesbroek, 2017: Towards the assessment of adaptation progress at the global level. En: *The Adaptation Gap Report 2017* [Olhoff, A., H. Neufeldt, P. Naswa y K. Dorkenoo (eds.)]. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, pp. 35-47

Blanco E., M.A. Casado, M. Costa-Tenorio, R. Escribano, M. García-Antón, M. Génova, A. Gómez, F. Gómez, J.C. Moreno, C. Morla, P. Regato y H. Sainz, 1997: *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica.* Ed. Planeta, Barcelona, España, 572 pp.

Brito, SB. *et ál.,* 2018: Frequency, duration and severity of drought in the Brazilian Semiarid. *Int J Climatology,* 38(2), 517-529.

Brosio, G., J.P. Jiménez e I. Ruelas, 2018: *Territorial inequality, equalization transfers and asymmetric sharing of non-renewable natural resources in Latin America.* ECLAC-CEPAL, Santiago.

Buchner, B., C. Trabacchi, F. Mazza, D. Abramskiehn y D. Wang, 2015: *Global Landscape of Climate Finance 2015*. Venice, Italy. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2015/11/Global-Landscape-of-Climate-Finance-2015.pdf

Calvo, E., 2010: *Guía Metodológica para la Adaptación a los Impactos al Cambio Climático en las ciudades y opción de mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. Foro Ciudades para la Vida, Lima, Perú. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_documento/Guia.met_.adaptacion.frente.cambio.cli_.pdf

Capel Molina, J.J., 2000: *El Clima de la Península Ibérica*. Editorial Ariel, colección Ariel Geografía, Barcelona, España, 281 pp.

Castro, F.S., 2009: *Transferencia Alternativa de Riesgos en el Seguro de Vida: Titulización de Riesgos*. Instituto de Ciencias del Seguro, Mapfre, Madrid, España. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/cs-seguro/libros/transferencia-alternativa-de-riesgos-en-el-seguro-de-vida-titulizacion-de-riesgos-141.pdf

CCSPJP, 2019: *Las 50 ciudades más violentas del mundo 2018*. Consejo Ciudadano para la Seguridad Pública y Justicia Penal (CCSPJP), Ciudad de México. Sitio web consultado el 27 de marzo de 2019, http://www.seguridadjusticiaypaz.org.mx/seguridad/1567-estudio-las-50-ciudades-mas-violentas-del-mundo-2018

CELAC, 2013: *Desarrollo productivo e industrialización en América Latina y el Caribe.* CELAC y SELA, Caracas, Venezuela, 55 pp. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://www.sela.org/media/265376/t023600005362-0-desarrollo_productivo_e_industrializacion_en_alc-rev1.pdf

CEPAL, 2018: *Medición de la pobreza por ingresos: actualización metodológica y resultados, Metodologías de la CEPAL, n.° 2*, (LC/PUB.2018/22-P). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago, Chile, 232 pp.

CEPAL, 2019a: *Panorama Social de América Latina, 2018*. LC/PUB.2019/3-P, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago, Chile, 225 pp.

CEPAL, 2019b: *CEPALSTAT, Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago, Chile. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/Portada.html

CEPAL y Patrimonio Natural, 2013: *Amazonia posible y sostenible*. CEPAL y Patrimonio Natural, Bogotá, Colombia, 256 pp. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia_posible_y_sostenible.pdf

CFU, 2017: *Climate Funds Update: The funds*. Overseas Development Institute, London and Heinrich Böll Stiftung, Germany. Sitio web consultado el 20 de diciembre de 2017, https://climatefundsupdate.org/the-funds/

CGEE y BM, 2016: *Secas no Brasil: política e gestão proativas*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) y Banco Mundial (BM), Brasília, Brasil, 292 pp. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/seca_brasil-web.pdf

Chávez, F.P., A. Bertrand, R. Guevara-Carrasco, P. Soler y J. Csirke, 2008: The northern Humboldt Current System: brief history, present status and a view towards the future (editorial). *Prog. Oceanogr.* 79, 95-105.

Chen, C., I. Noble, J. Hellmann, J. Coffee, M. Murillo y N. Chawla, 2015: University of Notre Dame global adaptation index, country index technical report. ND-GAIN, South Bend, IN, USA. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://gain.nd.edu/assets/254377/nd_gain_technical_document_2015.pdf

Climate Watch, 2019: *Historical GHG Emissions*. World Resources Institute, Washington DC. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions

CNDH, 2018: *Violencia política contra las mujeres en razón de género.* FEPADE, INE, CEAV, INMUJER, México. Sitio web consultado 15 de enero de 2018, http://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/OtrosDocumentos/Doc_2018_056.pdf

Consejo Europeo, 2017a: *Conclusiones del Consejo sobre la financiación de la lucha contra el cambio climático.* Portal del Consejo Europeo, nota de prensa, 10 de octubre de 2017. Consejo Europeo, Unión Europea. Sitio web consultado el 20 de diciembre de 2017, http://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2017/10/10/conclusions-climate-change/

Consejo Europeo, 2017b: *Financiación de la lucha contra el cambio climático: en 2016 las contribuciones de la UE y los Estados miembros alcanzaron los 20-200 millones de euros.* Portal del Consejo Europeo, nota de prensa, 17/10/2017, Consejo Europeo, Unión Europea. Sitio web consultado el 20 de diciembre de 2017, http://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2017/10/17/climate-finance-eu/

De Luis, M., J.C. González-Hidalgo, L.A. Longares y P. Stepánek, 2009: Seasonal precipitation trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in second half of 20th century. *Int. J. Climatol,* 29(9), 1312-1323.

Di Castri, F. y H.A. Mooney (eds.), 1973: *Mediterranean Type Ecosystems: Origin and Structure.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 408 pp.

Díaz-Carreño, M.Á. M. Sánchez-León y A. Díaz-Bustamante, 2016: Inseguridad alimentaria en los estados de México: un estudio de sus principales determinantes. *Sociedad y Territorio,* 11(51), 459-483.

Dong, K., G. Hochman, Y. Zhang, R. Sun, H. Li y H. Liao, 2018: CO_2 emissions, economic and population growth, and renewable energy: Empirical evidence across regions. *Energy Economics,* 75, 180-192.

Doyle M.E y V.R. Barros, 2002: Midsummer low-level circulation and precipitation in subtropical South America and related sea surface temperature anomalies in the South Atlantic, 2002. *Journal of Climate,* 15(23): 3394-3410.

Ecoregions, 2017: *Interactive map*, Resolve ©, http://ecoregions2017.appspot.com/

EEA, 2013. *Adaptation in Europe. Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments.* EEA Report 3/2013. Copenhague, Denmark, DOI: 10.2800/50924

Empinotti, V., L. De Stefano, P. Jacobi, Ú. Oswald-Spring, P. Arrojo-Agudo, M. Solanes, G. Donoso y P. Phumpiu-Chang, 2014: The role of stakeholders in water management. En: *Water for Food and Wellbeing in Latin America and the Caribbean Social and Environmental Implications for a Globalized Economy* [Willaarts, B.A., A. Garrido y M.R. Llamas (eds.)]. Routledge, Oxon y Nueva York, pp. 317-342.

Espinoza Villar J.C., J. Ronchail, J.L. Guyot, G. Cochonneau, F. Naziano, W. Lavado, E. De Oliveira, R. Pombosag y P. Vauchel, 2009: Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *Int. J. Climatol.,* 29(11), 1574-1594.

Estrela T., M.A. Pérez-Martín y E. Vargas, 2012: Impacts of climate change on water resources in Spain. *Hydrological Sciences Journal,* 57(6), 1154-1167.

Eurobarometer, 2017: *Special Eurobarometer 470: Corruption*. Eurobarometer, EU Data Portal, Brussels. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, http://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/S2176_88_2_470_ENG

Eurostat, 2018: *Your Key to European Statistics*, Eurostat. European Commission, Luxembourg. Sitio web consultado el 1 de octubre de 2018, http://ec.europa.eu/eurostat

Eurostat, 2019: *People at risk of poverty or social exclusion*. Eurostat, Luxembourg. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/People_at_risk_of_poverty_or_social_exclusion#Number_of_people_at_risk_of_poverty_or_social_exclusion

Falvey, M. y Garreaud R.D. 2009: Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006). *Journal of Geophysical Research,* 114, D04102, DOI: 10.1029/2008JD010519

Fearnside, Ph.M., 2000: Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change,* n.º 46, pp. 115-158.

FEOW, 2015: *Freshwater Ecoregions of the World (FEOW),* última actualización 2 de octubre 2015, WWF/TNC. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, http://www.feow.org/

Fernández-Montes, S. y F.S. Rodrigo, 2012: Trends in seasonal indices of daily temperature extremes in the Iberian Peninsula, 1929-2005. *International Journal of Climatology,* 32(15), 2320-2332.

Fick, S.E. y R.J. Hijmans, 2017: WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology,* 37(12), 4302-4315.

Figueroa, S.N. y C.A. Nobre, 1990: Precipitation distribution over central and western tropical South America. *Climanalise,* 5(6), 36-45.

Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor y P.M. Midgley (eds.), 2012: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.* Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.

Fisch G., J.A. Marengo y C.A. Nobre, 1998: Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica,* 28(2), 101-126.

Galindo, L.M., J. Samaniego, A. Beltrán, J. Ferrer Carbonell y J.E. Alatorre, 2017: *Portafolio de políticas públicas de adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos con beneficios adicionales o «sin arrepentimiento» en América Latina*. Estudios del Cambio Climático en América Latina, Euroclima-CEPAL, LC/TS.2017/127, Santiago, Chile. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://repositorio.cepal.org/handle/11362/42725

Gallego, M.C., R.M. Trigo, J.M. Vaquero, M. Brunet, J.A. García, J. Sigró y M.A. Valente 2011: Trends in frequency indices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century. *J. Geophys. Res.,* 116, D02109, DOI: 10.1029/2010JD014255

GCF, 2017: Green Climate Fund Portal, Republic of Korea. Sitio web consultado el 20 de diciembre de 2017, http://www.greenclimate.fund/home

GEF/PNUD, 2013: *Programa de Acciones Estratégicas (PAE) para el «Manejo Sostenible de los Recursos Marinos Vivos compartidos del Gran Ecosistema Marino del Caribe y Regiones Adyacentes».* Proyecto CLME, GEF ID 1032/ PNUD PIMS ID 2193 (2009-2013), http://www.clmeproject.org

Gentry, A.H., 1988: Tree species richness of upper Amazonian forests, *Proc. Natl. Acad. of Sci.*, 85(1), 156-159.

Glynn, P.W., J.J. Alvarado, S. Banks, J. Cortés, J.S. Feingold, C. Jiménez, J.E. Maragos, P. Martínez, J.L. Maté, D.A. Moanga, S. Navarrete,

H. Reyes-Bonilla, B. Riegl, F. Rivera, B. Vargas-Ángel, E.A. Wieters y F.A. Zapata, 2017: Eastern Pacific coral reef provinces, coral community structure and composition: An overview. En: *Coral Reefs of the Eastern Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment.* [Glynn, P.W., D. Manzello e I. Enochs (eds.)], pp. 107-116. Coral Reefs of the World 8. Springer Science+Business Media, Dordrecht.

Gobierno de Andorra, 2018: *Andorra en xifres, 2018*. Govern d'Andorra, Ministeri de Finances, Departament d'Estadística, Andorra. Documento web consultado en enero de 2020, https://www.estadistica.ad/serveiestudis/publicacions/Publicacions%20en%20Xifres%20taules.pdf

Gomes I., S. Pérez-Jorge, L. Peteiro, J. Andrade, J. Bueno-Pardo, V. Quintino, A.M. Rodrigues, M. Azevedo, A. Vanreusel, H. Queiroga y K. Deneudt, 2018: Marine biological value along the Portuguese continental shelf; insights into current conservation and management tools. *Ecological Indicators,* 93, 533-546.

González-Elizondo, M.S., M. González-Elizondo, J.A. Tena-Flores, L. Ruacho-González e I.L. López-Enríquez, 2012: Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Act. Bot. Mex*., 100, 351-403.

Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild y P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. En: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA.

Hijmans, Robert, Susan Cameron, Juan Parra, Peter Jones y Andy Jarvis, 2005: Very high resolution interpolated climate surface for global land areas. *Int. J. Climatol*., 25(15), 1965-1978.

Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren y G. Zhou, 2018: Impacts of 1.5 ºC Global Warming on Natural and Human Systems. En: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. En prensa.

IBGE, 2010: *Atlas do Censo Demográfico 2010*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, Brasil. Sitio web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_atlas.shtm

IBGE, 2014: *Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios, Segurança Alimentar.* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, Brasil. Sitio web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv91984.pdf

IDEAM, 2015: *Atlas Climatológico de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá D.C., Colombia. Sitio web consultado el 1 de septiembre de 2018, atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html

INEGI, 2008: *Referencias geográficas y extensión territorial de México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, México. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/1-geografiademexico/man_refgeog_extterr_vs_enero_30_2088.pdf

Inzunza, J. 2018: *Meteorología descriptiva,* Capítulo 15, «Los climas de Chile». Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap15_Inzunza_Climas%20de%20Chile.pdf

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, (eds.)]., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Agard, J., E.L.F. Schipper, J. Birkmann, M. Campos, C. Dubeux, Y. Nojiri, L. Olsson, B. Osman-Elasha, M. Pelling, M.J. Prather, M.G. Rivera-Ferre, O.C. Ruppel, A. Sallenger, K.R. Smith, A.L. St. Clair, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea y T.E. Bilir (eds.)]. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1757-1776.

Joffre R., S. Rambal y J.P. Ratte, 1999: The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry Systems,* 45(1-3), 57-79.

Johnson, A., 1976: *The Climate of Peru, Bolivia and Ecuador, Climates of Central and South America,* vol. 12, 147-188. World Survey of Climatology. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

Kappelle, M., 2005: Hacia una breve descripción del concepto «páramo». En: *Páramos de Costa Rica* [Kappelle, M. y S.P. Horn (eds.)]. Editorial INBio, Heredia, Costa Rica, 29-36.

Kirtman, B., S.B. Power, J.A. Adedoyin, G.J. Boer, R. Bojariu, I. Camilloni, F.J. Doblas-Reyes, A.M. Fiore, M. Kimoto, G.A. Meehl, M. Prather, A. Sarr, C. Schär, R. Sutton, G.J. Van Oldenborgh, G. Vecchi y H.J. Wang, 2013: Near-term Climate Change: Projections and Predictability. En: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA.

Klein, R.J.T., G.F. Midgley, B.L. Preston, M. Alam, F.G.H. Berkhout, K. Dow y M.R. Shaw, 2014: Adaptation opportunities, constraints, and limits. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 899-943.

Kodama, Y.M., 1992: Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the ZCAS) Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *J. Meteor. Soc. Japan,* 70(4), 813-835.

Lavell, A., M. Oppenheimer, C. Diop, J. Hess, R. Lempert, J. Li, R. Muir-Wood y S. Myeong, 2012: Climate change: new dimensions in

disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. *En: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor y P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK y New York, NY, USA, pp. 25-64.

Latinobarómetro, 2018: *Informe Latinobarómetro 2018,* Corporación Latinobarómetro, Santiago de Chile, 82 pp. Documento web consultado el 27 de marzo de 2019, http://www.latinobarometro.org/lat.jsp

Lecha Estela, L., L. Paz y B. Lapinel, 1994: *El Clima de Cuba.* Editorial Academia, La Habana, Cuba, 186 pp.

Leal de Quadro, Mário, Lúcia Ribas Machado, Sérgio Calbete, Nadja Marinho Batista y Gilvan Sampaio de Oliveira, 2018: *Climatologia de precipitacao e temperatura,* climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/chuesp.html

Lehmann, C.E.R., T.M. Anderson, M. Sankaran, S.I. Higgins, S. Archibald, W.A. Hoffmann, N.P. Hanan, R.J. Williams, R.J. Fensham, J. Felfili, L.B. Hutley, J. Ratnam, J. San Jose, R., Franklin D. Montes, J. Russell-Smith, C.M. Ryan, G. Durigan, P. Hiernaux, R. Haidar, D.M.J.S. Bowman y W.J. Bond, 2014: Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. *Science,* 343(6170), 548-552.

Lesnikowski, A., J. Ford, L. Berrang-Ford y R. Biesbroek, 2017: Assessing adaptation progress at the global level: conceptual and methodological issues. En: *The Adaptation Gap Report 2017* [Olhoff A., H. Neufeldt, P. Naswa y K. Dorkenoo (eds.)]. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, pp. 15-21

Magalhaes A. *et ál.,* 1988: The effects of climate variations on agriculture in Northeast Brazil. En: *The Impact of Climate Variations on Agriculture,* vol 2. *Assessments in semiarid regions* [Parry M, T. Carter, N Konijn (eds)]. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, pp 277-304.

Magrin, G.O., J.A.Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos y S. Vicuña (eds.), 2014: Central and South America, En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1499-1566.

Magrin, G., 2015: *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Documentos de proyecto, CEPAL, Naciones Unidas, Santiago, Chile, 88 pp. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39842/1/S1501318_es.pdf

Marengo J.A., L.S. Borma, D.A. Rodriguez, P. Pinho, W.R. Soares y L.A. Alves, 2013: Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation, *American Journal of Climate Change,* 2, 87-96.

Marengo, J.A., L.M. Alves, R. Alvala, A.P. Cunha, S. Brito y O.L. Moraes, 2018a: Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências,* 90(2), 1973-1985.

Marengo, J.A., C.A. Souza, K. Thonicke, C. Burton, K. Halladay, R. Betts, y W.R. Soares 2018b: Changes in climate and land use over the Amazon Region: current and future variability and trends. *Frontiers in Earth Science,* 6, 228, DOI: 10.3389/feart.2018.00228

Marengo, J.A., A.P. Cunha, W.R. Soares, R.R. Torres, L.M. Alves, S.S. de Barros Brito, L.A. Cuartas, K. Leal, G. Ribeiro Neto, R.C.S. Alvalá y A. R. Magalhaes, 2019: Increase Risk of Drought in the Semiarid Lands of Northeast Brazil Due to Regional Warming above 4 C. En: *Climate Change Risks in Brazil* [C. A. Nobbre, J.A. Marengo y W.R. Soares [eds.], Springer, Cham., pp. 181-200

Marone, E., G.F. Dutra, A.P.L. Prates, M.L.G. Soares y M.A. Gonçalves, 2012: Costeiro e Marinho. En: *Biomas Brasileiros: Retratos de um País Plural* [Scarano, F.R., I.L. Santos, A.C.I. Martins, J.M.C. Silva, A.L. Guimarães y R.A. Mittermeier (eds.)]. Casa da Palavra, Rio de Janeiro, pp. 236-271.

Marquet P.A., F. Bozinovic, G.A. Bradshaw, C. Cornelius, H. González, J.R. Gutiérrez, E.R. Hajek, J.A. Lagos, F. López-Cortés, L. Núñez, E.F. Roselló, C. Santoro, H. Samaniego, V.G. Standen, J.C. Torres-Mura y F.M. Jaksic, 1998: Los ecosistemas del desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural,* 71, 593-617.

McKinsey Global Institute, 2015: *The Power of Parity: How Advancing Women's Equality Can Add $12 Trillion to Global Growth*. McKinsey & Company©. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Employment%20and%20Growth/How%20advancing%20womens%20equality%20can%20add%2012%20trillion%20to%20global%20growth/MGI%20Power%20of%20parity_Full%20report_September%202015.ashx

MEOW, 2007: *Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas*. World Wildlife Fund (WWF), Washington DC, USA. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://www.worldwildlife.org/publications/marine-ecoregions-of-the-world-a-bioregionalization-of-coastal-and-shelf-areas

Miller, A. 1976: The Climate of Chile, *Climates of Central and South America,* vol. 12, 113-146. *World Survey of Climatology*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

Miloslavich P, J.M. Díaz, E. Klein, J.J. Alvarado, C. Díaz, *et ál.,* 2010: *Marine biodiversity in the Caribbean: Regional estimates and distribution patterns. Plos One,* 5(8): e11916, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011916

Mimura, N., R.S. Pulwarty, D.M. Duc, I. Elshinnawy, M.H. Redsteer, H.-Q. Huang, J.N. Nkem y R.A. Sanchez Rodriguez, 2014: Adaptation planning and implementation. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 869-898.

Monroy-Gómez-Franco, Luis Ángel, 2016: Los mexicanos en la distribución del ingreso. *Nexos,* 16 de mayo.

Mora, C., B. Dousset, I.R. Caldwell, F.E. Powell, R.C. Geronimo, C.R. Bielecki, C.W.W. Counsell, B.S. Dietrich, E.T. Johnston, L.V. Louis, M.P. Lucas, M.M. McKenzie, A.G. Shea, H. Tseng, T. W. Giambelluca, L.R. Leon, E. Hawkins y C. Trauernich, 2017: Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change,* vol. 7, pp 501-506.

Morrone, J.J., 2001: A formal definition of the Paramo-Punan biogeographic subregion and its provinces, based mainly on animal taxa. *Rev. Mus. Argentina Cienc. Nat.*, 3(1), 1-12.

Mosiño, P. y E. García, 1974: The climate of Mexico. En: *World Survey of Climatology,* vol. 11, *Climates of North America* [Bryson, R.A. y

F.K. Hare (eds.)]. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London y New York, pp 345-404.

Mujica, A. y C. Pavez, 2008: Eufáusidos de la zona central de Chile, archipiélago Juan Fernández e islas Desventuradas. *Lat. Am. J. Aquat. Res.,* 36(2): 283-300.

NASEM, 2019: *Integrating Health Care and Social Services for People with Serious Illness: Proceedings of a Workshop.* Washington DC, The National Academies Press, https://doi.org/10.17226/25350

ND-GAIN, 2019: *ND-GAIN Country Index.* Notre Dame Global Adaptation Initiative, Notre Dame, USA. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://gain.nd.edu/our-work/country-index/

Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha y A. Villamizar, 2014: Adaptation needs and options. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 833-868.

Nogués-Paegle J. y K.C. Mo, 1997: Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Monthly Weather Review,* 125(2), 279-291.

OAS, 2006: *Ecosistemas Presentes en la Cuenca del Plata.* Organization of American States, Washington, USA. Sitio web consultado el 1 de septiembre de 2018, www.oas.org/dsd/plata/ecosistemasf.htm

Oliveira-Filho A.T. y J.A. Ratter, 2002: Vegetation physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. En: *The Cerrados of Brazil - Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* [Oliveira P.S. y R.J. Marquis (eds.)]. Columbia University Press, New York, NY, USA, pp. 91-120.

Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, C.E. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao y K.R. Kassem, 2001: Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *Bioscience,* 51(11), 933-938.

Olsson, L., M. Opondo, P. Tschakert, A. Agrawal, S.H. Eriksen, S. Ma, L.N. Perch y S.A. Zakieldeen, 2014: Livelihoods and poverty. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 793-832.

Oppenheimer, M., M. Campos, R.Warren, J. Birkmann, G. Luber, B. O'Neill y K. Takahashi, 2014: Emergent risks and key vulnerabilities. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1039-1099.

Oswald Spring, Ú., 2012: Vulnerabilidad social en eventos hidrometeorológicos extremos: una comparación entre los huracanes Stan y Wilma en México, *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, Sociotam,* 22(2), 125-145.

Oswald Spring, Ú., H.G. Brauch, G. Edwards y J.T. Roberts, 2013: The impact of climate change on human security in Latin America and the Caribbean. En: *Handbook on Climate Change and Human Security* [M.R. Redclift y M. Grasso (eds.)]. Edward Elgar Publishing, pp. 227- 253.

Oswald Spring, Ú., S.E. Serrano-Oswald, A. Estrada-Álvarez, F. Flores-Palacios, M. Rios-Everardo, H. G. Brauch, T.E. Ruiz-Pantoja, C. Lemus-Ramirez, A. Estrada-Villanueva y M.T.M. Cruz-Rivera, 2014: *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales.* CRIM-DGAPA-UNAM, Cuernavaca, México, 556 pp.

OTCA, 2015: Organización del Tratado de Cooperación Amazónica, Brasilia, Brasil. Sitio web consultado el 1 de septiembre de 2018: www.otca-oficial.info

PNUD, 2018: *Índices e indicadores de desarrollo humano. Actualización estadística de 2018.* Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York, USA, 123 pp.

Poushter, J. y D. Manevich, 2017: *Globally, People Point to ISIS and Climate Change as Leading Security Threats*. Pew Research Center, Washington DC, USA, 31 pp. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://www.ieee.es/Galerias/fichero/OtrasPublicaciones/Internacional/2017/Pew-Research-Center_2017.07.13_Global-Threats_Full-Report.pdf

Prohaska, F., 1976: The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay, vol. 12, Climates of Central and South America. En: *World Survey of Climatology.* Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 13-122.

Rojas F., 2018: La seguridad y la paz en América Latina: nuevos desafíos, nuevos derroteros. En: *Riesgos socioambientales, paz y seguridad en América Latina* [Oswald Spring, Ú y S.E. Serrano Oswald, (coords.)]. CRIM-UNAM, Cuernavaca, México, pp. 325-359.

Redón J. y W. Quilhot, 1977: Los líquenes de Isla Navarino. I. Estudio sistemático y ecológico preliminar. *Serie Científica Instituto Antártico Chileno,* 5, 65-70.

Rezende, C.L., F.R. Scarano, E.D. Assad, C.A. Joly, J.P. Metzger, B.B.N. Strassburg, M. Tabarelli, G.A. Fonseca y R.A. Mittermeier, 2018: From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect. Ecol. Conserv.,* 16, 208-214.

Rodrigo F.S. y R.M. Trigo, 2007: Trends in daily rainfall in the Iberian Peninsula from 1951 to 2002. *Int. J. Climatol.,* 27(4), 513-529.

Román-Collado, R. y A. V. Morales-Carrión, 2018: Towards a sustainable growth in Latin America: A multiregional spatial decomposition analysis of the driving forces behind CO_2 emissions changes. *Energy Policy,* 115, 273-280.

Ropelewski C. y M. Harpert, 1987: Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.,* 115(8), 1600-1626.

Rundel P. W., M.T.K. Arroyo, R.M. Cowling, J.E. Keeley, 2018: *Fire and Plant Diversification in Mediterranean-Climate Regions*. Frontiers in Plant Science, vol. 9, 851 pp.

Samaniego, J. y H. Schneider, 2015: *Financiamiento para el cambio climático en América Latina y el Caribe en 2015*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago, Chile, 74 pp.

Scarano, F.R. y P. Ceotto, 2015: Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability and adaptation to climate change. *Biodivers. Conserv.,* 24(11), 2319-2331.

Sillmann, J., V.V. Kharin, F.W. Zwiers, X. Zhang y D. Bronaugh, 2013: Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections. *J. Geophys. Res.,* 118, 2473-2493.

Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera y X. Zhang, 2012: Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. En: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor y P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 109-230.

Serrano-Notivoli, R., S. Beguería, M.A. Saz, M. de Luis, 2018: Recent trends reveal decreasing intensity of daily precipitation in Spain. *International Journal of Climatology,* 38, 4211-4224, DOI: 10.1002/joc.5562

Silva, J.S.V., M.M. Abdon, A. Boock y M.P. Silva, 1998: Delimitation of the Brazilian Pantanal and its sub-regions. *Braz. J. Agric. Res.*, 33, 1703-1713.

Soriano, A., 1983: Deserts and semideserts of Patagonia. En: *Ecosystems of the world: temperate deserts and semideserts First edition,* vol. 5. [N.E. West (ed.)]. Elsevier, Amsterdam, pp. 423-460.

Soriano, A., 1991: Rio De Plata grasslands. En: *Ecosystems of the world: natural grasslands,* 1.ª edición, vol. 8A [R.T. Coupland (ed.)]. Elsevier, Amsterdam, pp. 367-408.

SMHI, 2008: *Conferencia de los directores de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Iberoamericanos.* Sitio web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://www.meteo-iberoamericana.com/objetivos.htm

Snow, J., 1976: The Climate of Northern South America. *Climates of Central and South America,* vol. 12, 113-146. *World Survey of Climatology. Elsevier Scientific Publishing Company,* Amsterdam.

Spalding, M.D., H.E. Fox, G.R. Allen, N. Davidson, Z.A. Ferdaña, M. Finlayson, B.S. Halpern, M.A. Jorge, A. Lombana, S.A. Lourie, K.D. Martin, E. McManus, J. Molnar, C.A. Recchia y J. Robertson, 2007: Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience,* 57(7), 573-583.

Templado J., E. Ballesteros, I. Galparsoro, A. Borja, A. Serrano, L. Martín y A. Brito, 2012: *Inventario Español de Hábitats y Especies Marinos: Guía Interpretativa- Inventario Español de Hábitats Marinos.* Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. Documento web consultado el 26 de abril de 219, https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/GUIA%20INTERP_HABITATS_WEB_tcm30-157264.pdf

Terán, M. de y L. Solé Sabarís, 1954a: *Geografía de España y Portugal,* tomo I. Montaner y Simón S.A., Barcelona, España, 494 pp.

Terán, M. de y L. Solé Sabarís, 1954b: *Geografía de España y Portugal,* tomo II. Montaner y Simón S.A., Barcelona, España, 316 pp.

Trabacchi C., G. Campillo, S. Ockenden, I. Gallo, P. Kurukulasuriya, J. Manda, A. Mackay, M. Mirabile y C. Watson, 2016. En: *The Adaptation Finance Gap Report 2016* [Puig, D., A. Olhoff, S. Bee, B. Dickson y K. Alverson (eds.)]. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, pp. 21-29.

Transparency International, 2018: *Corruption Perceptions Index 2017*. Transparency International, Berlin, Germany. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://www.transparency.org/cpi2018

Tuhkanen, S., 1992: The climate of Tierra del Fuego from a vegetation geographical point of view and its ecoclimatic counterparts elsewhere. *Acta Bot. Fenn,* 145, 1-65.

Ulate, K., C. Sánchez, A. Sánchez-Rodríguez, D. Alonso, O. Aburto-Oropeza y L. Huato-Soberanis, 2016: Latitudinal regionalization of epibenthic macroinvertebrate communities on rocky reefs in the Gulf of California. *Marine Biology Research,* 12(4), 389-401, https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1143105

Ulate, K., T. Alcoverro, R. Arthur, O. Aburto-Oropeza, C. Sánchez y L. Huato-Soberanis, 2018: Conventional MPAs are not as effective as community co-managed areas in conserving top-down control in the Gulf of California. *Biological Conservation,* 228 (septiembre), 100-109, https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.09.033

UNEP, 2016: *The Adaptation Finance Gap Report 2016* [Puig, D., A. Olhoff, S. Bee, B. Dickson y K. Alverson (eds.)]. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, 50 pp.

UNEP, 2017: *The Adaptation Gap Report 2017* [Olhoff A., H. Neufeldt, P. Naswa y K. Dorkenoo (eds.)]. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya, 62 pp.

UNICEF, 2017: *Informe Anual* México, CDMX, UNICEF.

UNFCCC, 1992: *United Nations Framework Convention on Climate Change*. United Nations, New York. Documento web consultado el 25 de abril de 2019, https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf

UNFCCC, 2015: *Adoption of the Paris Agreement*. Informe n.° FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. Sitio web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf

UNFCCC, 2019: *United Nations Climate Change Portal: Home*. UNFCCC, United Nations. Sitio web consultado el 25 de abril de 2019, https://unfccc.int/

Urbieta, I.R., G. Zavala, J. Bedia, J. M. Gutiérrez, J. San Miguel-Ayanz, A. Camia, J.E. Keeley y J.M. Moreno, 2015: Fire activity as a function of fire-weather seasonal severity and antecedent climate across spatial scales in southern Europe and Pacific western USA. *Environ. Res. Lett.,* 10(11), DOI: 10.1088/1748-9326/10/11/114013

Urrutia-Jalabert R., M.E. González, A. González-Reyes, A. Lara y R. Garreaud, 2018: Climate variability and forest fires in central and south central Chile. *Ecosphere,* 9(4), e02171. 10.1002/ecs2.2171

USGS, 2010: USGS EROS Archive - Digital Elevation - Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010), USA. Sitio web consultado el 26 de abril de 2019, https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-global-multi-resolution-terrain-elevation?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects

Vargas Ulate, G., 2001: *Las lluvias en América Central: Una climatología geográfica.* Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 27(2), 07-19.

Veloso, A.L., E.V.S.B. Sampaio y F.G.C. Pareyn, 2002: *Ecorregiões: Propostas Para o Bioma Caatinga.* Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental and The Nature Conservancy do Brasil, Recife, Brasil, 72 pp.

Vera, C.S. y L. Díaz, 2015: Anthropogenic influence on summer precipitation trends over South America in CMIP5 models. *Int. J. Climatol.,* 35(10), 3172-3177.

Vincent, L.A., T.C. Peterson, V. Barros, M.B. Marino, M. Rusticucci, G. Carrasco, E. Ramirez, L.M. Alves, T. Ambrizzi, M.A. Berlato, A.M. Grimm, J.A. Marengo, L. Molion, D.F. Moncunill, E. Rebello, Y.M.T. Anunciação, J. Quintana, J.L. Santos, J. Baez, G. Coronel, J. Garcia, I. Trebejo, M. Bidegain, M.R. Haylock y D. Karoly, 2005: Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. *J. Climate,* 18, 5011-5023.

Vicente-Serrano, S.M., J.I. Lopez-Moreno, S. Beguería, J. Lorenzo-Lacruz, A. Sanchez-Lorenzo, J.M. García-Ruiz, C. Azorin-Molina, E. Morán-Tejeda, J. Revuelto, R. Trigo, F. Coelho y F. Espejo, 2014: Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe. *Environmental Research Letters,* 9(4), 044001.

WEF, 2016: *Global Gender Gap Report*. World Economic Forum, Cologny/Geneva, Switzerland. Documento web consultado el 1 de septiembre de 2018, http://www3.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2017.pdf

Wesselbaum, D. y A. Aburn, 2019: Gone with the wind: International migration. *Global and Planetary Change,* 178, 96-109.

WorldClim, 2016: *WorldClim Version2*. WorldClim Global Climate Data. Sitio web consultado el 10 de mayo de 2019, http://worldclim.org/version2

Yáñez-Arancibia, A. y A.L. Lara-Domínguez, 1999: Los manglares de América Latina en la encrucijada. En: *Ecosistemas de Manglar en América Tropical.* Instituto de Ecología A.C., México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD, USA, 9-16.

Zak, M., M. Cabido, D. Cáceres y S. Díaz, 2008: What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. *Environmental Management,* 42, 181-189.

2

Sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación

Paulina Aldunce Ide (Chile), María Paz González (Argentina), Andrea Lampis (Colombia), Mercedes Pardo-Buendía (España), Susan V. Poats (Ecuador), Julio C. Postigo (Perú), Angélica Rosas Huerta (México), Rodolfo Sapiains Arrue (Chile), Ana María Ugarte Caviedes (Chile) y Nancy Yañez Fuenzalida (Chile).

Se recomienda citar este texto como:

Aldunce, P., M.P. González, A. Lampis, M. Pardo-Buendía, S.V. Poats, J. C. Postigo, A. Rosas Huerta, R. Sapiains Arrue, A.M. Ugarte Caviedes y N. Yañez Fuenzalida, 2020: Sociedad, gobernanza, inequidad y adaptación. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT.* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 49-89, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo **51**

2.1. Introducción **52**
2.1.1. Marco conceptual del capítulo 52
2.1.2. Gobernanza 53

2.2. Caracterización de vulnerabilidad, riesgos e impactos **55**
2.2.1. Vulnerabilidad 55
2.2.1.1. Género 55
2.2.1.2. Pueblos indígenas 56
2.2.1.3. Pobreza 58
2.2.2. Principales riesgos e impactos 59
2.2.2.1. Género 59
2.2.2.2. Pueblos indígenas 59
2.2.2.3. Pobreza 61

2.3. Medidas de adaptación **62**
2.3.1. Actividades de adaptación planificada 62
2.3.1.1. Género 62
2.3.1.2. Pueblos indígenas 64
2.3.1.3. Pobreza 65
2.3.2. Actividades de adaptación autónoma 65
2.3.2.1. Pobreza 65
2.3.2.2. Pueblos indígenas 66
2.3.2.3. Género 67

2.4. Interacciones y cobeneficios **67**
2.4.1. Género 68
2.4.2. Pueblos indígenas 68
2.4.3. Pobreza 70

2.5. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación **71**

2.6. Casos de estudio **73**
2.6.1. Índice de Utilidad de Prácticas de Adaptación (IUPA) 73
2.6.1.1. Resumen del caso 73
2.6.1.2. Introducción a la problemática del caso 73
2.6.1.3. Descripción del caso 73
2.6.1.4. Limitaciones e interacciones 74
2.6.1.5. Lecciones identificadas 75
2.6.2. Impactos de las inundaciones y sequías en los medios de vida los cocamas (Perú) 76
2.6.2.1. Resumen del caso 76
2.6.2.2. Introducción a la problemática del caso 76
2.6.2.3. Descripción del caso 76
2.6.2.4. Limitaciones e interacciones 76
2.6.2.5. Lecciones identificadas 77
2.6.3. Transversalización de la perspectiva de género en las políticas de cambio climático en México 77
2.6.3.1. Resumen del caso 77
2.6.3.2. Introducción a la problemática del caso 77
2.6.3.3. Descripción del caso 77
2.6.3.4. Limitaciones e interacciones 78
2.6.3.5. Lecciones identificadas 78

2.7. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias **78**

2.8. Conclusiones **80**

Preguntas frecuentes **81**

Bibliografía **82**

Resumen ejecutivo

El cambio climático afecta a todos los grupos sociales, aunque desigualmente debido a situaciones preexistentes de inequidad. El cambio climático impacta de manera transversal en la población civil, en distintos sectores productivos y en el gobierno; sin embargo, existen grupos más vulnerables que otros, lo que está causado, entre otras razones, por las condiciones de inequidad presentes en la sociedad. Entre estos grupos están los pueblos originarios, las poblaciones que viven en condiciones de pobreza y las mujeres, que se ven afectados de forma diferenciada. El presente capítulo abarca aspectos relacionados con la vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático en Iberoamérica, con énfasis en los tres grupos vulnerables antes mencionados.

El conocimiento de los impactos del cambio climático sobre aspectos sociales es deficiente. Un aspecto transversal presente en los países de la RIOCC es que en términos académicos y en la práctica en los estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación existe un desequilibrio en favor de aspectos biofísicos, de infraestructura o ecosistémicos sobre los aspectos sociales, lo que representa un reduccionismo de la realidad que debe ser abordado.

Uno de los principales vacíos reportados en este informe es la carencia de información, por lo que es necesario avanzar en la generación de datos, evaluaciones, estudios, y en la documentación y sistematización de estos, que sean de buena calidad y que estén disponibles oportunamente y se generen de manera periódica. El contar con esta información facilita tanto un aprendizaje basado en casos exitosos como también aquellos que no lo son, lo que sirve de insumo a las políticas públicas y a las comunidades. Respecto de los indicadores e índices para evaluar la efectividad de las acciones de adaptación, en general en América Latina y en la Península Ibérica se identificó una gama limitada de estos, afectando negativamente a la oportunidad de mejoras y priorización respecto de las acciones de adaptación a implementar.

Las principales amenazas sobre la sociedad se relacionan con los cambios en los patrones de precipitación y el aumento de las temperaturas y eventos meteorológicos o climáticos extremos. Todo ello se manifiesta en crecientes impactos negativos sobre los recursos naturales y medios de subsistencia. En cuanto a las amenazas, en Iberoamérica estas abarcan el incremento de la temperatura, la alteración de los patrones de precipitación, el derretimiento de glaciares y contracción de la criosfera, y la creciente frecuencia y severidad de eventos meteorológicos o climáticos extremos, por ejemplo, olas de calor, inundaciones, sequías y tormentas tropicales. Estas amenazas se traducen en impactos como la disminución de la productividad agropecuaria y el acceso al recurso hídrico, la inseguridad alimentaria, la precariedad de los medios de subsistencia, la degradación del suelo, la migración, y el aumento en la mortalidad y malnutrición de la población, entre otros.

Los riesgos e impactos son en general más agudos en las poblaciones sociopolíticamente marginadas, como las mujeres, los pueblos indígenas y aquellos que viven en condiciones de pobreza. Estos grupos comparten algunos aspectos que determinan su vulnerabilidad, como necesidades básicas no satisfechas, pobreza energética, desigualdad de poder, poca capacidad de incidencia en la toma de decisiones y capital político, aislamiento físico y social, discriminación y desplazamiento forzado, y un limitado acceso a la educación, a los recursos naturales y al capital financiero. A lo anterior se suma que las mujeres realizan trabajo doméstico no remunerado y que están expuestas a violencia de género. Por su parte los pueblos originarios han aumentado su vulnerabilidad debido a la denegación de sus derechos y a su relación material y espiritual con el medio ambiente. Es necesario que esta diferenciación sea incluida en las evaluaciones de vulnerabilidad de los países RIOCC debido a que se constata que aún no ha sido considerada o ha ocupado un lugar secundario en estas evaluaciones.

El diseño e implantación de las acciones de adaptación necesitan un trato diferenciado con relación a la pobreza, pueblos originarios y género. En los últimos años se ha avanzado de manera importante en políticas para la implementación de la adaptación planificada en América Latina y la Península Ibérica, especialmente a nivel nacional y sectorial. Sin embargo, la inclusión de los grupos vulnerables aquí descritos, aunque ha ido aumentando en las políticas públicas de cambio climático, es aún débil y presenta una diversidad de grado de inclusión en los distintos países. Algunos ejemplos son políticas y estrategias de cambio climático con énfasis en la educación, el fortalecimiento de capacidades, el desarrollo autónomo de la mujer y el fomento agrícola.

Las prácticas de adaptación autónomas emergen principalmente a nivel local, y muchas veces son el resultado de la necesidad de responder a las adversidades ante una institucionalidad estatal débil o inexistente. En contextos donde prevalece la desigualdad, las poblaciones se ven forzadas a actuar para disminuir los impactos del cambio climático; esto frecuentemente está desencadenado por un débil apoyo estatal, por lo que, en general, es necesario que exista apoyo externo para su implementación. Algunas de las prácticas llevadas a cabo son diversificación de los medios de subsistencia; eficiencia en el uso del agua; cambio en los sistemas agrícolas, como sustitución de cultivos y uso de semillas resistentes a la sequía, y apoyo a madres cabeza de familia, entre otras. Es clave que se busque incrementar la resiliencia potenciando la reciprocidad y la cooperación dentro de las comunidades. Sin embargo, es necesario considerar que el cambio en prácticas también puede generar o potenciar conflictos sociales, por lo que el rol de los sistemas de gobernanza es fundamental.

En términos de gobernanza para los países RIOCC, uno de los principales desafíos es la participación de todos los actores relacionados con el cambio climático, especialmente los gobiernos locales, organizaciones de la sociedad civil y comunidades locales. Esto contribuye, entre otros aspec-

tos, a fortalecer el empoderamiento por parte de dichos actores, lo que conlleva una mayor probabilidad de éxito en la implementación de acciones de adaptación. Es crucial la participación de las comunidades a nivel local debido a que tanto la vulnerabilidad como la adaptación son dependientes del contexto; además, son ellas las que están en la primera línea para recibir los impactos y responder a ellos. Hace falta un apoyo más contundente a las comunidades locales a través de sistemas de gobernanza donde las personas tengan una mayor incidencia en la toma de decisiones, y propiciar, o más aún, no mermar las condiciones necesarias para el fortalecimiento de redes de apoyo y el capital social de dichas comunidades.

Respecto de los distintos tipos de conocimiento, es necesario integrar el conocimiento científico con el local y ancestral. Esto permitirá lograr una mejor comprensión de la realidad atinente a los distintos contextos, ya que la complejidad y altos niveles de incertidumbre asociados al cambio climático dificultan que algún actor pueda por sí solo hacer frente a los impactos de este fenómeno.

Se requiere el fortalecimiento y transversalidad de las políticas públicas relacionadas con el cambio climático. A pesar de que se denota una creciente preocupación y avance en el ámbito de la política pública de cambio climático, aún falta asignarle mayor prioridad como tema urgente de abordar. Esta prioridad podría concretarse, por ejemplo, a través de la asignación sostenida de recursos humanos y económicos.

Cuando se presentan límites de la adaptación, lo que se requiere es el enfoque transformacional. Cuando los impactos del cambio climático, su incertidumbre y complejidad son de menor severidad, la adaptación (o adaptación incremental) es de gran utilidad; por el contrario, cuando estos son de mayor severidad, situación que se ha ido incrementando de forma acelerada debido al cambio climático, la transformación (o adaptación transformacional), basada en cambios profundos en las estructuras sociales, emerge como la única alternativa posible para responder a estos impactos. La adaptación y la transformación no compiten, sino que se complementan, ya que cada una es necesaria según la severidad de los impactos, y en muchas situaciones se deben implementar de forma conjunta.

2.1. Introducción

2.1.1. Marco conceptual del capítulo

El cambio climático es uno de los factores que acentúa la pobreza, desigualdad y marginalización, males endémicos presentes en la mayoría de los países RIOCC. Esta situación permea a través de múltiples escalas, contextos geográficos y sociales, afectando negativamente a la capacidad adaptativa y aumentando la vulnerabilidad multidimensional asociada a los riesgos del cambio climático. La **Figura 2.1** ilustra cómo se relacionan estos aspectos y otros relevantes, los cuales constituyen el marco conceptual del capítulo.

El cambio climático afecta de manera diferenciada a la sociedad, lo que da lugar a que algunos grupos de esta se encuentren en mayor riesgo de sufrir su impacto (Machado *et ál.,* 2018; Pardo y Ortega, 2018). El riesgo está compuesto de la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza, siendo la vulnerabilidad y la exposición determinadas, entre otros aspectos, por la inequidad de género, la etnia y por la pobreza (Feldt, 2011; Hallegatte *et ál.,* 2016; IPCC, 2018).

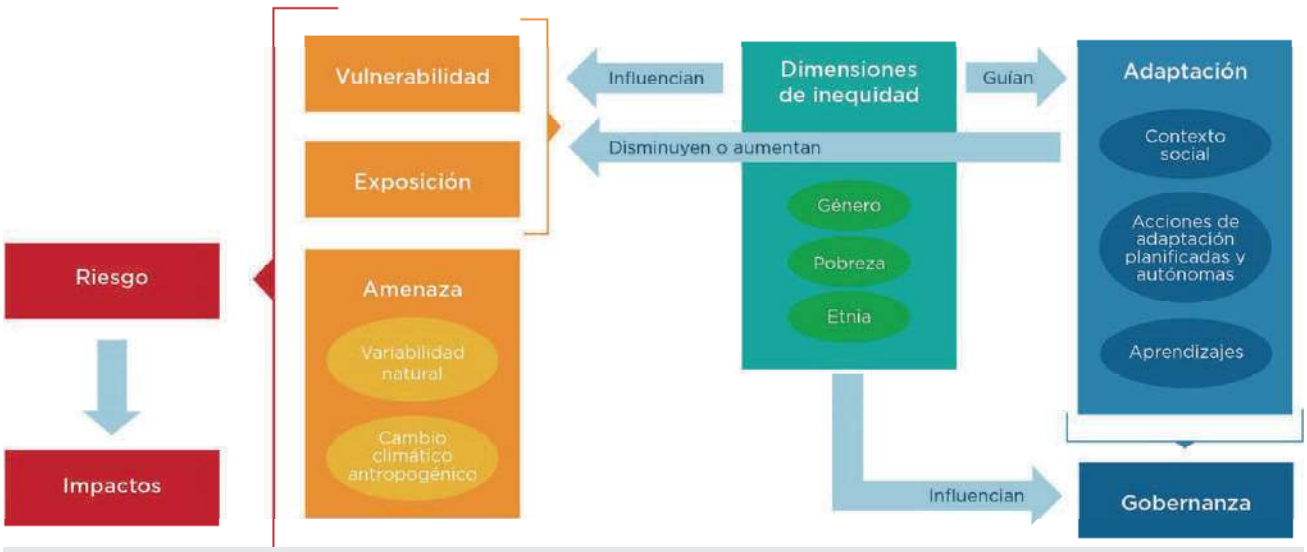


Figura 2.1. Dimensiones de inequidad como determinantes de la vulnerabilidad, exposición y adaptación. Fuente: elaboración propia.

Las sociedades responden al cambio climático a través de la adaptación, entendida como procesos de ajustes con el fin de disminuir los impactos y la vulnerabilidad asociados a este fenómeno. Es así cómo en contextos donde existe una fuerte presencia de inequidad esta debe ser considerada como pilar fundamental para guiar la adaptación (IPCC, 2018). A su vez, la adaptación se enmarca en los distintos modelos de gobernanza, modelos que se diferencian por sus distintas trayectorias de desarrollo y aspectos culturales, entre otros factores (Aykut, 2016; Marquardt, 2017). Por ello, la adaptación depende de contextos geográficos y sociales específicos, donde las acciones de adaptación emergen de forma autónoma y espontánea o planificada. Por otro lado, es necesario que en la implementación de la adaptación se faciliten procesos constantes de aprendizaje, para lo cual son fundamentales la evaluación y el desarrollo de indicadores de utilidad y eficiencia. Todos estos factores de la adaptación resultan en la disminución o aumento de la vulnerabilidad y la exposición.

2.1.2. Gobernanza

El origen de la gobernanza como concepto surge principalmente de las críticas que emergen en los años setenta del pasado siglo xx respecto a las formas tradicionales de gobernar, en particular por las dificultades asociadas a la administración de recursos escasos, y con una ciudadanía mucho más activa y demandante de espacios de participación democrática que sobrepasaba las capacidades de las instituciones tradicionales del Estado. También se puede asociar a una política para reducir la intervención estatal donde se corresponsabiliza a la sociedad civil en tareas tradicionalmente asumidas por los Estados nacionales (Ansell y Torfing, 2014). En términos generales, la gobernanza se puede definir como el «proceso de conducir la sociedad y la economía a través de la acción colectiva y de acuerdo con objetivos comunes» (Torfing *et ál.,* 2012) o «los procesos interactivos a través de los cuales la sociedad y la economía son conducidas hacia objetivos colectivamente negociados» (Ansell y Torfing, 2016). Eso explica que existan perspectivas que van desde lo global a lo local, desde enfoques de arriba hacia abajo a otros desde abajo hacia arriba, y con objetivos que van desde mejorar el sistema social hasta transformarlo (Gupta, 2016). A continuación, se describen algunos de estos enfoques para comprender cómo se desenvuelven los distintos tipos de gobernanza climática y desde ahí situar las reflexiones con respecto a los modelos más pertinentes para la región de Iberoamérica.

La «gobernanza global» (Okereke *et ál.,* 2009; Gupta, 2016; Van Asselt y Zelli, 2014; Franchini *et ál.,* 2017; Marquardt, 2017; Patt, 2017) es aquella que sitúa a los Estados-Nación y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) como actores centrales y al multilateralismo como principal estrategia para enfrentar el cambio climático, siendo clave las instituciones formales, los regímenes internacionales, la legitimidad y el poder. Es una aproximación dominada por un actuar vertical, en el que, en términos generales, se definen o intentan definir políticas de alcance global según acuerdos internacionales, en los cuales se observa el predominio de países en posiciones de privilegio.

La «gobernanza policéntrica» (Cole, 2011; Sovacool, 2011; Galaz *et ál.,* 2012; Sattler *et ál.,* 2016; Dorsch y Flachsland, 2017) se ha desarrollado con una influencia determinante del trabajo de Ostrom (*et ál.,* 1990, 1999, 2012) y ha generado un creciente interés en la última década como alternativa a las dificultades para alcanzar acuerdos globales para enfrentar al cambio climático. En términos generales, se refiere a la inclusión de múltiples actores, principalmente no estatales y subnacionales, organizados en redes descentralizadas, que son conectadas a través de procesos de aprendizaje colaborativo con el fin de crear un sistema adaptable que incluya múltiples unidades de autogobierno de distintos niveles y escalas, que sean capaces y estén dispuestas a interactuar y coordinarse por un objetivo común. Este enfoque tendría una doble finalidad: por una parte, influenciar la toma de decisiones globales (p. ej., presionando a los gobiernos nacionales para alcanzar acuerdos de mitigación) y, por otra, implementar la adaptación a nivel local considerando las particularidades de cada territorio.

Finalmente, existe también un enfoque que se puede denominar gobernanza neoliberal (Leventon *et ál.,* 2015; Paavola, 2016), en la que se reconoce el creciente rol del sector privado (principalmente grandes corporaciones) en los lineamientos globales y locales para afrontar el cambio climático. Si bien se trata de perspectivas que no han sido estudiadas en profundidad, su importancia resulta decisiva en el momento de comprender respuestas al cambio climático basadas en mecanismos de mercado y para problematizar los riesgos de implementar enfoques que debiliten o sustituyan el rol del Estado y de organismos internacionales como la UNFCCC (Paavola, 2016).

Uno de los aspectos centrales a considerar para la implementación y desarrollo de cualquier modelo de gobernanza climática se relaciona con las asimetrías de poder, asunto que ha cobrado creciente interés en la literatura especializada (Okereke *et ál.,* 2009; Aykut, 2016; Marquardt, 2017). Por ejemplo, la posición de desventaja que ocupan los países latinoamericanos en el multilateralismo condiciona las posibilidades de influir en la definición de los acuerdos globales, algo que en menor medida puede ocurrir con España en el contexto de la Unión Europea. De modo similar, las diferencias y desigualdades propias de las sociedades latinoamericanas cuestionan la viabilidad de implementar enfoques policéntricos, donde las decisiones se distribuyen en distintos actores y niveles, sin un sistema político que favorezca y permita una mayor participación de actores locales, y al mismo tiempo que contribuya a revertir la cultura asistencialista de gran parte de la población. Finalmente, los enfoques que relevan el rol del sector privado evidencian el riesgo de establecer sistemas que debiliten el rol de los Estados y de la UNFCCC al ampliar los espacios de influencia de las

grandes corporaciones, que no necesariamente comparten la necesidad de abordar el cambio climático o de profundizar regulaciones ambientales (Aykut, 2016; Marquardt, 2017).

Otro aspecto importante a considerar es que la literatura sobre gobernanza climática disponible en fuentes científicas tradicionales es de origen principalmente anglosajón, evidenciando una necesidad de construir y discutir modelos de gobernanza desde las realidades locales y contextualizadas a los países Iberoamericanos, considerando sus particularidades culturales, políticas y jurídicas y tomando en cuenta sus distintos niveles de desarrollo económico y social. En un contexto político diverso a lo largo de la región, se observa que, más allá de los avances en materia de participación ciudadana (Sapiains *et ál.,* 2017), aún prevalecen modelos que restringen la posibilidad de personas y comunidades de influir en la toma de decisiones respecto a cuáles son las prioridades sociales y las formas más adecuadas de abordarlas. Lo anterior se sitúa además en una región donde los problemas de pobreza, desigualdad y deterioro ambiental tensionan el sistema político y sus instituciones. En Latinoamérica, esto se relaciona con procesos históricos que aún mantienen a gran parte de la población en condiciones de pobreza y exclusión social, mientras que en Europa refleja los impactos de las recientes crisis económicas y políticas que afectan a los países de la RIOCC.

La necesidad de incrementar la participación y de fortalecer la gobernanza a nivel local, más que obedecer a principios ideológicos, se explica por las características del cambio climático. Por una parte, se trata de un fenómeno global cuyos impactos se perciben de manera significativa y diferencial en lo local. Diversos estudios (Blanco *et ál.,* 2018; Pardo y Ortega, 2018) plantean la importancia y la necesidad de entender el cambio climático como una oportunidad para profundizar la democracia. Por ejemplo, para el caso de España, a la luz de las experiencias de numerosas ciudades europeas que ya están activando planes de adaptación, la gobernanza climática se constituye como un desafío central que debe fomentar la cooperación público-privada e incrementar el apoyo de la sociedad civil y la participación de la ciencia desde las ciudades, idealmente articuladas en redes de colaboración y conectadas a los distintos niveles de la gobernanza (Pardo y Ortega, 2018).

De modo similar, el incremento en la ocurrencia y magnitud de desastres de origen natural como las sequías, incendios forestales e inundaciones exige mayores niveles y diversidad en la participación comunitaria (Hurlbert y Gupta, 2016). En la práctica, son las poblaciones y gobiernos locales o municipios quienes enfrentan las consecuencias más directas e inmediatas de estos impactos y, por ende, es en ese nivel donde se requiere con mayor urgencia desarrollar estrategias de adaptación (Valdivieso, 2017). En este sentido, se puede aprender de experiencias desarrolladas en la región que identifican elementos concretos a considerar en el momento de implementar una gobernanza climática efectiva. Por ejemplo, un grupo de investigadores ha dirigido un proceso participativo para la creación de un plan de adaptación para la región metropolitana de Santiago de Chile (Bartonet *et ál.,* 2015). Estos plantean que los principales desafíos para una gobernanza basada en la colaboración de los distintos actores son: 1) demostrar la importancia que tiene la planificación de la adaptación al cambio climático a nivel local; 2) desarrollar estrategias para comunicar la ciencia ambiental y del cambio climático de manera efectiva y clara, considerando las incertidumbres asociadas, y 3) asegurar respuestas integradas, coordinadas en un contexto donde prevalece la fragmentación sectorial. De modo similar, otros autores aseguran que, a partir de un simposio sobre respuestas urbanas al cambio climático para Bogotá, Santiago de Chile y Nueva Delhi, es importante que la gobernanza climática considere los siguientes aspectos: 1) el desarrollo de iniciativas que integren objetivos ambientales, económicos y sociales; 2) las dificultades para la necesaria coordinación horizontal y vertical entre los actores involucrados con un enfoque multinivel, y 3) la garantía de la existencia de capacidades y recursos para la adaptación o al menos que se proponga desarrollar las primeras y gestionar los segundos (Heinrichs *et ál.,* 2013). Finalmente, un aspecto importante a considerar en la gobernanza del cambio climático es la percepción de las personas con respecto a él. Por ejemplo, Meira-Cartea y Arto-Blanco (2014) identificaron las percepciones de la población española a este fenómeno principalmente como 1) un hecho que ya está ocurriendo; 2) tendrá impactos locales a mediano plazo; 3) es necesario anticiparse a su ocurrencia, y 4) se considera poco o nada informada en la materia, especialmente en cómo actuar.

Lo anterior ilustra la importancia de considerar la gobernanza desde una perspectiva multinivel y multiactor, situada en los contextos específicos en que se va a desarrollar a fin de generar los mecanismos adecuados a las características de cada región, ciudad o grupo humano. De ahí que, en mayor o menor medida, para los países de la RIOCC, uno de los principales desafíos sea la creación de espacios y mecanismos que favorezcan la confluencia del gobierno nacional y local, comunidades y organizaciones de la sociedad civil, la comunidad científica y el sector privado con miras a superar las desconfianzas y asimetrías de poder existentes, en pos de negociar objetivos comunes y mecanismos de toma de decisiones efectivamente democráticos y ambientalmente eficientes.

En un contexto donde no existen modelos de gobernanza universales y donde la evidencia sobre la efectividad de las experiencias en desarrollo en general, y en particular en Iberoamérica, es creciente pero limitada, diversos autores (Keohane y Victor, 2015; Kivimaa *et ál.,* 2015; Laakso *et ál.,* 2017) plantean que es necesario abrir espacios para la experimentación, es decir, para diseñar modelos que puedan trascender las barreras de lo que ya se ha hecho, atreverse a innovar y a evaluar sistemáticamente lo que se desarrolle. En dicho proceso cobra fuerza la importancia de conocer e incorporar distintos tipos de saberes en el diseño e implementación de modelos de gobernanza climática, siendo particularmente importante el conocimiento tradicional de pueblos indígenas y comunidades rurales y el rol de la evidencia científica sobre el cambio climático.

2.2. Caracterización de vulnerabilidad, riesgos e impactos

La presente sección se divide en dos subsecciones: (1) Vulnerabilidad y (2) Riesgos e impactos. Específicamente los componentes de amenaza y exposición no se ordenan en subsecciones separadas para evitar redundancia, ya que estos fueron presentados en el **Capítulo 1;** no obstante, cuando fue necesario estos dos componentes fueron incluidos para apoyar la sección vulnerabilidad.

2.2.1. Vulnerabilidad

En lo que concierne a la vulnerabilidad social, el análisis de la evidencia sugiere que el cambio climático interactúa con determinantes no climáticos y desigualdades estructurales profundamente enraizadas en la sociedad, generando a su vez nuevas formas de vulnerabilidad (IPCC, 2014). El cambio climático profundiza la pobreza ya existente, agudiza las desigualdades y dispara los procesos de generación de nuevas formas de vulnerabilidad para los individuos y las comunidades. De manera similar, existen otras porciones de la sociedad especialmente vulnerables a este fenómeno, como las poblaciones indígenas y las mujeres.

2.2.1.1. Género

Los análisis de vulnerabilidad llevados a cabo en América Latina suelen considerar a los seres humanos como sujetos uniformes, sin tomar en cuenta que hombres y mujeres difieren en sus formas y niveles de susceptibilidad, y poseen diferentes capacidades para responder al cambio climático (Poats y Aguirre, 2017). Vásquez *et ál.* (2015) argumentan que integrar un enfoque de género en la determinación de vulnerabilidad ayuda a comprender cómo las diferencias de comportamiento y las relaciones de poder entre hombres y mujeres producen capacidades, habilidades, oportunidades, conocimientos, necesidades e intereses distintos, y, por ende, vulnerabilidades diferentes. Este mismo autor reporta que, según estudios realizados en México, las mujeres tienen menos capacidad para reaccionar a un evento climático, ya que están más aisladas y menos organizadas que los hombres, y tienen menos capital político, y por ende, menos participación en las decisiones sobre riesgos. Esta situación se observa en la mayoría de los países de América Latina. Ellas, además de sus actividades productivas, son responsables mayormente del trabajo doméstico no remunerado y del cuidado de los demás, especialmente de niños y adultos mayores, situaciones que aumentan su vulnerabilidad en tiempos de estrés climático debido a la falta de políticas y procesos que las protejan o apoyen con estas responsabilidades.

La pobreza energética, que puede entenderse como una situación donde los hogares no tienen suficiente energía para satisfacer sus necesidades básicas y fundamentales, ejemplifica claramente la mayor vulnerabilidad en la que se encuentran las mujeres. Como se mencionó, son ellas las encargadas de diversos trabajos domésticos no remunerados, en los cuales la falta de energía asequible y de calidad les significa una carga de trabajo aún mayor (Amigo-Jorquera *et ál.,* 2019). Los hombres, considerados por los Estados como los principales proveedores del hogar, experimentan la vulnerabilidad por pérdidas en infraestructura, medios de producción y capital financiero, aspectos que los Estados suelen incluir y cubrir en las políticas de recuperación de eventos climáticos. Estas tendencias de vulnerabilidad diferenciadas por género generalmente se repiten a lo largo de América Latina y, en menor grado, en la Península Ibérica, aunque más mujeres que hombres están en riesgo de pobreza o exclusión social en España. Desde experiencias en Piura (Perú), Reyes (2002) enfatiza que los gobiernos de la región poseen estadísticas sociales agregadas que oscurecen las diferencias de género, complicando un análisis diferenciado de la vulnerabilidad social. Agrega que la vulnerabilidad de las mujeres es mayor por su menor acceso a la asistencia técnica, la educación y los recursos. Para el caso de España, algunos investigadores (Pardo y Ortega, 2018) enfatizan la importancia del análisis social del cambio climático, ya que se está convirtiendo en un motor de oportunidades de desarrollo económico y cambio social, especialmente en zonas urbanas. Sin embargo, el estudio no incorpora un análisis diferenciado de género en su interpretación del impacto social del cambio climático.

Respecto de la migración forzada o desplazamientos por efectos climáticos, las mujeres, aunque hayan tenido importantes roles en las decisiones locales en sus comunidades de origen, son propensas a perder su liderazgo, autonomía y voz, sobre todo en las nuevas estructuras de organización impuestas por autoridades. Esto ocurre especialmente en los campamentos temporales de alojamiento creados después de los desastres, exacerbando vulnerabilidades diferenciadas existentes. Este fenómeno de desplazamiento debido a eventos climáticos o ambientales es ampliamente tratado por Oliver-Smith (2009), quien reconoce que el género es una de las variables sociales que diferencia el nivel de riesgo de las personas ante un mismo evento. La migración temporal o permanente implica la pérdida de los medios de subsistencia y la necesidad de reconstruir lo material y el tejido social, que se ha visto fragmentado, teniendo una mayor afectación en las mujeres. Paradójicamente, la migración desde África a la Península Ibérica, incrementada por las consecuencias del cambio climático, ha empoderado a las mujeres migrantes al ser ellas, en muchos casos, las portadoras de empleo y, por tanto, productoras de cambio de rol en la familia. Oliver-Smith *(ibíd.)* enfatiza la necesidad de desarrollar herramientas conceptuales, estratégicas y materiales, basadas en las experiencias actuales de desplazamientos ambientales y de desastres, para confrontar las migraciones y desplazamientos de gran magnitud, que se esperan para el futuro debido

al cambio climático. Estas herramientas requieren la urgente incorporación de la reconceptualización de la vulnerabilidad diferenciada por género para poder responder a las necesidades distintas de hombres y mujeres.

En relación con la diversidad biológica y zonas silvestres del mundo, los ecosistemas son impactados por el cambio climático y sus servicios ambientales son modificados, degradados y disminuidos. Las personas que dependen de dichos servicios para sostener sus medios de vida experimentan un incremento de su vulnerabilidad y, a la vez, este incremento es diferenciado por género, por lo que existe la necesidad de estudios relacionados con esta cuestión. Un ejemplo es el informe presentado por Duerto y Jaramillo (2017) sobre el ecosistema páramo en los Andes tropicales, que cubre importantes áreas de Colombia, Ecuador y Perú. Estos investigadores argumentan que los ámbitos de medios de vida, salud y movilidad humana son los más afectados por el cambio climático en las comunidades de los páramos, demostrando que las diferencias e inequidades de género existentes son exacerbadas por los cambios en el clima y resultan en múltiples diferencias locales de vulnerabilidad. Inselmann y Janecki (2009), en entrevistas con mujeres rurales productoras agrícolas en Bolivia, encontraron que las mujeres reconocen que el cambio climático está afectando a sus cosechas. Se queman los cultivos «por la falta de lluvia, un sol fuerte o heladas muy intensas». La minería cercana agudiza la situación porque los fuertes vientos de ahora llevan el polvo de la dinamita a las fuentes de agua y las contaminan, reduciendo las opciones para sembrar y pastorear. Las mujeres dicen que ya no pueden confiar en la experiencia tradicional agrícola porque el tiempo es impredecible. Las temporadas de las heladas y de la lluvia han cambiado y provocan pérdidas. Las fuentes de agua quedan saladas y se secan con el viento y el fuerte calor. También hay nuevas especies de parásitos que atacan a los cultivos y requieren de luchas duras para protegerlos de los daños.

Son muy pocos los países de América Latina o de la Península Ibérica que reconocen explícitamente las dimensiones de género en la vulnerabilidad al cambio climático. En Perú, una coalición de donantes se unió para hacer el Plan de Acción en Género y Cambio Climático (PAGCC-Perú). La UICN-Peru, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), el Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia y la Agencia Belga de Cooperación al Desarrollo formaron la Mesa de Género de la Cooperación Internacional para apoyar al Ministerio del Ambiente (MINAM) y el Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables con el fin de organizar una serie de talleres en distintos rincones del país para entender la vulnerabilidad al cambio climático en términos de género. En los talleres regionales más del 68 % de los participantes fueron mujeres. El proceso dio «voz a actores sociales que a veces no son consultados de forma directa en procesos que implican la toma de decisiones que afectan directamente en su desarrollo» (MINAM, 2016). Como resultado, la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático de Perú (MINAM, 2015) incluye perspectivas de género y estipula que en su aplicación se debe realizar una adecuada consideración del contexto social del país y de los problemas de pobreza y desigualdad social. En particular, debe tener «en cuenta la alta vulnerabilidad de las poblaciones más pobres y los grupos en riesgo, como los pueblos indígenas y las poblaciones rurales en general, e incorporar un enfoque de género para hacer frente a los efectos de cambio climático» (MINAM, 2015:41). Como dice la Red de Conocimiento sobre Clima y Desarrollo (CDKN), «cuando las organizaciones planifican las evaluaciones de vulnerabilidad y capacidad climáticas, estas se ven reforzadas por análisis sensibles al género. Este tipo de análisis no solo ofrece una comprensión más profunda de los efectos del cambio climático, sino también revela las razones políticas, físicas y socioeconómicas por las que hombres y mujeres sufren y se adaptan de manera diferente a los desafíos diarios relacionados con el clima, a los eventos extremos y a los cambios ambientales a largo plazo» (Kratzer y Le Masson, 2016).

Un tema poco estudiado relacionado con el cambio climático es la violencia de género. En estudios preliminares en parroquias rurales serranas y costeras del Ecuador, la ONG Corporación Grupo Randi Randi (Galarza y Poats, 2013) encontró que la vulnerabilidad de las mujeres rurales de todas edades es exacerbada por la existencia de violencia de género. Los altos niveles de violencia de género en las zonas rurales, que afectan a entre el 60 y el 80 % de las mujeres de acuerdo con su provincia, incrementan su vulnerabilidad al reducir o impedir el acceso a recursos y beneficios, especialmente educativos y organizativos, que podrían disminuir sus condiciones de vulnerabilidad al cambio climático.

2.2.1.2. Pueblos indígenas

Los pueblos indígenas constituyen uno de los grupos más vulnerables a los efectos del cambio climático (IPCC, 2007, 2013; Stern, 2007; Feldt, 2011; Yáñez y Molina, 2011; OIT, 2018). Por ello esta problemática ha concitado la preocupación de Naciones Unidas, especialmente del Foro Permanente para las Cuestiones Indígenas, entre otros. El reconocimiento de los derechos indígenas ha experimentado un gran avance en el derecho internacional por medio de la adopción de instrumentos como el Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Declaración Universal sobre Derechos de los Pueblos Indígenas (1997), la Declaración Americana sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas (2016) y la evolución del Sistema Interamericano de Derechos Humanos en la materia. Una sentencia reciente ha reconocido los derechos indígenas a un medio ambiente sano, a la alimentación adecuada y al agua, especificando, además, que están interrelacionados con el derecho a participar en la vida cultural (Yáñez, 2020).

América Latina concentra la mayor diversidad de pueblos indígenas del mundo, cuya población crece. Los efectos del cambio climático impactan de modo diferenciado en esta región por la vulnerabilidad de sus pueblos indígenas y la fragilidad de sus territorios. Según la Comisión Económica

para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2014), la población indígena creció en América Latina un 49,3 % entre los años 2000 y 2010, y conforma 826 pueblos, integrados por 45 millones de personas, que representan el 8,3 % de la población total. Muchos de ellos viven en condiciones de extrema fragilidad demográfica y se encuentran en peligro de desaparición física o cultural, particularmente en Bolivia, Brasil, Colombia y Perú. Además, se conoce la existencia de alrededor de 200 pueblos indígenas en aislamiento voluntario en condiciones de vulnerabilidad extrema en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela (CEPAL, 2014). En la **Figura 2.2** se presenta la distribución actual de la población indígena existente en el continente americano.

De acuerdo con la OIT, la especificidad de la vulnerabilidad de los pueblos indígenas al cambio climático emana de seis factores que, en general, concurren conjuntamente, lo que determina que estos pueblos sean especialmente vulnerables «a los efectos del cambio climático, y a las medidas de mitigación del cambio climático y adaptación a sus efectos» (ver **Tabla 2.1**) (OIT, 2018). Los autores de la presente publicación hemos estimado relevante agregar un séptimo factor de vulnerabilidad que se refiere a la fragilidad demográfica que afecta a pueblos en aislamiento voluntario o contacto inicial que habitan principalmente la zona de la Amazonia.

En general, los pueblos indígenas habitan áreas marginadas política y económicamente, por lo que tienen poca capacidad de incidencia sobre las decisiones que conciernen a los impactos del cambio climático (IPCC, 2014; Salick y Byg, 2007; OIT, 2018). Su vulnerabilidad política se expresa, entre otras circunstancias, en el asesinato de decenas de defensores de la tierra y el medio ambiente pertenecientes a pueblos indígenas (Global Witness, 2017) y la denegación sistemática de sus derechos (OIT, 2018). Sus territorios se caracterizan porque albergan ecosistemas de gran biodiversidad, pero que muchas veces son extremadamente frágiles y vulnerables al cambio climático (Salick y Byg, 2007; Feldt, 2011; OIT, 2018).

El cambio climático aumenta la vulnerabilidad socioeconómica, ambiental y territorial de los pueblos indígenas, generando desplazamientos forzados, escasez de alimentos, reducción de las fuentes de aguas, degradación de suelos y desforestación (Feldt, 2011; Hallegatte *et ál.,* 2016). En estas condiciones, han aumentado significativamente la desnutrición, las enfermedades infecciosas (malaria, dengue, cólera, diarrea, entre otras) y la cifra de mortalidad entre los pueblos indígenas más vulnerables, de modo que la cifra de pueblos en peligro de desaparición va en aumento (UICN, 2008; CEPAL, 2014). La destrucción de las culturas indígenas al mismo tiempo implica el fin de modos de vida que, según ha quedado demostrado en investigaciones arqueológicas, poseen una herencia de adaptación al cambio climático que es un aporte insustituible para enfrentar estas circunstancias en la actualidad (Salick y Byg, 2007; Salick

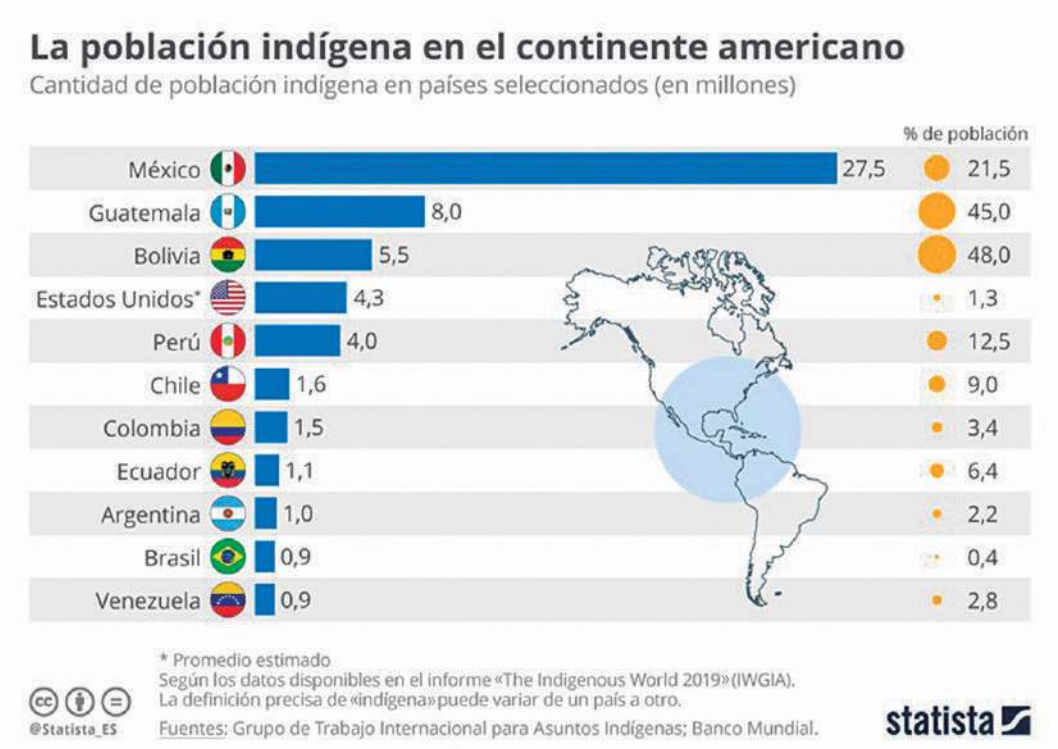


Figura 2.2. La población indígena en el continente americano. Fuente: WEF, 2020.

Tabla 2.1. Factores de vulnerabilidad de los pueblos indígenas. Fuente: elaboración propia a partir de la información recogida en *Los Pueblos Indígenas y el Cambio Climático. De víctimas a agentes del cambio por medio del trabajo decente* (OIT, 2018).

Factores de vulnerabilidad de pueblos indígenas	Áreas geográficas más afectadas
Pobreza y desigualdad.	Toda la región.
Erosión de los medios de vida basados en recursos naturales.	Toda la región. La situación es más crítica en países donde se han privatizado los recursos naturales o se promueve la industria extractiva a gran escala, como en Argentina, Chile, Uruguay, Bolivia, Brasil, Perú, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, México, República Dominicana.
Lugares de residencia en zonas geográficas expuestas al cambio climático.	Toda la región.
Migración y desplazamientos forzado.	Área andina y áreas desérticas de México, Perú y Chile. En general, en zonas de escasez hídrica por sequía, sobreexplotación o contaminación.
Desigualdad de género.	Toda la región.
Falta de reconocimiento, derechos, apoyo institucional e inclusión en las políticas públicas.	Toda la región.
Fragilidad demográfica y pérdida de identidad cultural, factores que afectan particularmente a los pueblos indígenas no contactados o en aislamiento voluntario.	La situación de los pueblos no contactados y en aislamiento voluntario se produce en Venezuela, Colombia, Ecuador, Brasil, Paraguay, Perú y Bolivia. Los países de la región cuya población indígena presenta mayor fragilidad demográfica son: Honduras, El Salvador, Venezuela, Colombia, Brasil, Costa Rica, Paraguay, Uruguay y Argentina.

et ál., 2011). Por otro lado, tanto hombres como mujeres de pueblos indígenas se han visto presionados a abandonar sus lugares tradicionales y migrar a contextos urbanos en busca de trabajo. Este hecho incrementa su vulnerabilidad, haciéndolos más susceptibles tanto a la discriminación como a la explotación y pérdida de identidad (OIT, 2018).

2.2.1.3. Pobreza

Como se señala en el AR5, la evidencia sugiere que el cambio climático y la variabilidad climática agudizan y seguirán agudizando la pobreza en sus diferentes formas y dimensiones, al tiempo que producirán nuevas formas de vulnerabilidad y, en menor medida, algunas oportunidades para grupos de individuos y comunidades (IPCC, 2014: 4-10). La vulnerabilidad al cambio climático de las poblaciones más pobres es un asunto relacionado con procesos de larga duración en la producción de profundas desigualdades en el acceso a los recursos, las capacidades y los activos tangibles e intangibles (Lampis, 2013; Marchezini y Wisner, 2017). A continuación, se presentan distintos casos que ilustran la relación entre pobreza y cambio climático.

Welz y Krellenberg (2016), en un reciente estudio de gran alcance de Santiago de Chile, ilustran la relación de constante superposición entre pobreza, necesidades básicas insatisfechas, patrones residenciales y vulnerabilidad al cambio climático. Otro ejemplo es el estudio sobre cuatro ciudades, Bogotá, Buenos Aires, Ciudad de México y Santiago de Chile, promovido por el Inter-american Institute for Global Change Research (IAI), que ha mostrado cómo la presencia de pobreza monetaria y por activos y la ubicación residencial en áreas marginales y con infraestructura obsoleta representan factores esenciales para la comprensión de la vulnerabilidad urbana de las poblaciones en condición de pobreza frente al cambio climático (Lampis y Rubiano, 2012; Romero-Lankao *et ál.,* 2014). Por su parte, los habitantes de las zonas periurbanas y periféricas siguen siendo vulnerables y, bajo el actual modelo de desarrollo, lo serán más aún tanto a la pobreza como a los efectos del cambio climático, por ejemplo, a los eventos extremos hidrometeorológicos (O'Brien y Leichenko, 2007; Leichenko, 2011; Olsson *et ál.,* 2014; Füssel, 2016; Romero-Lankao *et ál.,* 2013; Locatelli *et ál.,* 2017), como son las inundaciones (**Figura 2.3**).

En Nicaragua, el mapa de pobreza muestra que esta es más severa en las áreas rurales y en la costa del Caribe (Herrera *et ál.,* 2018). Esta investigación, además, suscita preocupaciones con respecto a la amenaza potencial de la variabilidad climática a una parte considerable (47 %) de los hogares nicaragüenses en términos de vulnerabilidad relacionada con la pobreza. Por lo tanto, la variabilidad del



Figura 2.3. Casas palafíticas, Tumaco, costa pacífica de Colombia (foto de Andrea Lampis, 2010). Fuente: WEF, 2020.

clima podría disminuir los avances en la reducción de la pobreza o, peor aún, puede aumentar los niveles de pobreza (Folland *et ál.,* 2001).

Por su parte, la línea que conecta las dinámicas rurales de la pobreza y del cambio climático en el Perú ha sido ampliamente investigada. Un ejemplo de ello es el estudio realizado por Postigo (2013), en el cual se alerta sobre cómo el pastoralismo andino puede modelarse como un comportamiento institucionalizado que medie entre las necesidades sociales y las condiciones naturales, pero que se compone de factores extremadamente frágiles frente a los cambios ecosistémicos producidos por el cambio y la variabilidad climática.

En Bolivia, Anderson y Verner (2014) lograron estimar las relaciones contemporáneas entre la temperatura y los niveles de consumo de bienes y servicios mediante un estudio basado en datos de 311 municipios. La población mucho más rica en las tierras bajas se ha beneficiado ligeramente del cambio climático. Las simulaciones sugieren que el cambio climático reciente ha contribuido a un aumento de la desigualdad y la pobreza en Bolivia. Los pueblos pobres e indígenas en las tierras altas se encuentran entre las poblaciones más gravemente afectadas. En España, se estima que un 15 % de la población está sufriendo de pobreza energética, que le impide mantener temperaturas adecuadas en sus hogares (López *et ál.,* 2018). Estas situaciones producen daños en la salud física, pero también mental. Cabe destacar que proyectos como el Programa de Rehabilitación de viviendas para personas en situación de vulnerabilidad en Barcelona y el Plan MAD-Re en Madrid facilitan recursos para enfrentar el problema de la pobreza energética en hogares vulnerables, otorgando hasta 20.000 euros para la rehabilitación de la vivienda (Tirado *et ál.,* 2018).

2.2.2. Principales riesgos e impactos

Los impactos del cambio y la variabilidad climática tienden a ser más severos y prolongados en las poblaciones vulnerables, por ejemplo, diferenciadas por género, pobreza y pueblos originarios (Morss *et ál.,* 2011; Olsson *et ál.,* 2014; Mesquita *et ál.,* 2016; Machado *et ál.,* 2018).

En la **Figura 2.4** se destacan algunos de los riesgos identificados para la región.

2.2.2.1. Género

En América Latina, el incremento de eventos extremos afecta desproporcionalmente más a las mujeres, quienes, además, entre las edades de 15 y 44 años, son más propensas que los hombres a morir en desastres (Casas Varez, 2017). Por su parte, en España las olas de calor suponen un mayor riesgo para el alto porcentaje de mujeres ancianas existentes, viviendo solas. Sin embargo, en Brasil, México y Perú, los hogares con jefas de hogar tienden a ser menos vulnerables y más resilientes que aquellos con jefes del hogar. Esto es debido a la mayor edad de las jefas y a que sus ingresos son más diversificados, excepto en las zonas rurales del Perú y las zonas urbanas de Brasil (Andersen *et al*, 2017).

En América Latina, la sequía afecta con mayor severidad a las mujeres y los niños por su menor acceso al recurso hídrico y por ser los encargados de obtener agua para el hogar. En periodos de escasez (de agua y alimentos) se agudiza la malnutrición de niñas y mujeres más que en los varones (Casas Varez, 2017). Asimismo, la sequía hace escasear la biomasa para cocinar y calentar los hogares y, por lo tanto, su obtención demanda más horas de trabajo femenino sin remuneración (Arana, 2017). Adicionalmente, las mujeres incrementarán sus labores al reemplazar a los esposos emigrantes por sequías (Casas Varez, 2017). Por ejemplo, en una localidad de pescadores de la costa norte del Perú, las mujeres incrementaron su participación en actividades económicas fuera del hogar para compensar la disminución de ingresos por el significativo declive de la pesca; consecuentemente, mejoró la posición de poder de las mujeres con un paradójico efecto: disminuyó la desigualdad entre hombre y mujer en el hogar, pero incrementó la probabilidad de violencia contra las mujeres «empoderadas» (Godden, 2013).

2.2.2.2. Pueblos indígenas

Los principales impactos del cambio climático en territorios indígenas están relacionados con el aumento de la temperatura, fenómenos climáticos extremos (sequías e inundaciones), alteración de la temporada y patrón de lluvias y la creciente intensidad de las heladas, granizadas y pérdida de la biodiversidad (IPCC, 2013; Postigo, 2014). Debemos precisar que la vulnerabilidad a estos eventos depende de las áreas geográficas que habitan los pueblos originarios del continente (Brooks, 2003; Salick y Byg, 2007; Feldt, 2011) y, además, de las dificultades para detectar los efectos del cambio climático por su diversidad fenomenológica, lo que altera sus capacidades de adaptación al cambio climático y aumenta su vulnerabilidad (Salick y Byg, 2007).

En las regiones andinas del continente, desde Chile a Venezuela, se observa un sostenido derretimiento de glaciares. La situación es más compleja en los glaciares andinos tropicales de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Bernex y Tejada, 2010), e implica inundaciones y, posteriormente, disminución de la disponibilidad de recursos hídricos (Foro Permanente sobre Cuestiones Indígenas, 2008), lo que compromete la pequeña agricultura de secano (Bury *et ál.,* 2013) y modifica los humedales para alimentar camélidos sudamericanos (Postigo, 2013; Polk *et ál.,* 2017). Otro ejemplo se presenta en la Cordillera Blanca de Perú, ya que el área de humedales disminuirá hasta un 17 % con el retroceso glaciar (Bury *et ál.,* 2013).

Las sequías prolongadas aumentan la desertificación de los territorios indígenas y afectan a la sustentabilidad hídrica de ecosistemas endémicos, tales como humedales andinos, vegas y bofedales (Bolivia, Perú y Chile) y páramos

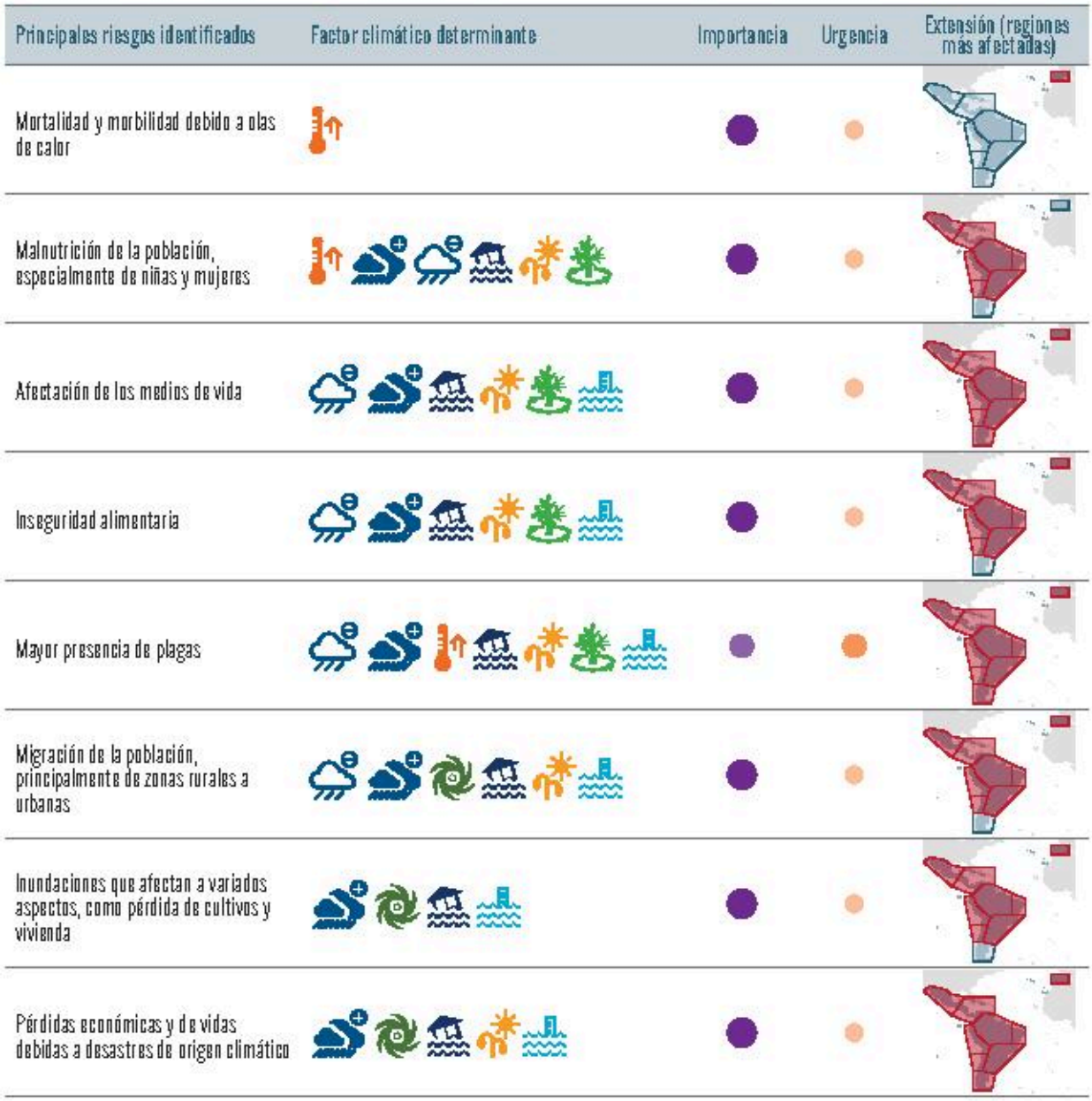


Figura 2.4. Principales riesgos identificados en el ámbito de la sociedad, gobernanza e inequidad. Fuente: elaboración propia.

en los Andes tropicales (Ecuador, Colombia y Venezuela). Grupos amazónicos que quedan aislados por la sequía, que les impide navegar y merma tanto la cantidad de animales marinos y terrestres, como de frutos disponibles, sufren inseguridad alimentaria. Los bajos niveles de los ríos —Amazonas desde 1999, Caquetá y otros ríos del norte de Colombia entre 2003 y 2007— han afectado a la reproducción de peces y tortugas, ambos cruciales en la dieta de las comunidades nativas (Kronik y Verner, 2010; Bodmer *et ál.,* 2017). La sequía del 2010 puso 172 municipalidades de Ceará (Nordeste de Brasil) en estado de emergencia, lo que incluyó inseguridad alimentaria rural (Mesquita *et ál.,* 2016). Esta inseguridad se agudiza cuando la coincidencia de una abrupta y significativa caída de la temperatura coincide con temporadas secas y lluviosas alternándose erráticamente e inhibiendo la formación de frutos silvestres, lo que afecta a los pueblos indígenas de Shuar y Achuar en Ecuador y Perú; Nonuya, Witoto y Muinane en Colombia, y a los afrobolivianos, aymaras y yungas en Bolivia (Kronik y Verner, 2010).

En la cuenca amazónica y el Gran Chaco, la variación climática amenaza la biodiversidad, a lo que se suma la deforestación y, como consecuencia de ello, la fragmentación de los bosques y el aumento del carbono liberado en la atmósfera (Feldt, 2011). En el desierto de Atacama, en el norte de Chile, los pueblos indígenas viven en condiciones de estrés hídrico extremo (Yáñez y Molina, 2011).

Los pueblos indígenas que habitan territorios insulares, como es el caso del pueblo Rapa Nui en Chile (Polinesia) y de los kunas en Panamá, enfrentan las incidencias del cambio climático en el nivel del mar (WBGU, 2006; Salick y Byg, 2007; UICN, 2008).

Respecto a las inundaciones, estas afectan a los grupos étnicos ribereños y costeños (**Figura 2.5**). Años consecutivos de intensas inundaciones en la Amazonia han incrementado la destrucción de cultivos perennes, como el plátano; han hecho rebalsar en los ríos el petróleo contenido de derrames previos y han provocado la disminución de los animales silvestres para los cocamas en Perú (Bodmer *et ál.,* 2017). Por otro lado, los medios de vida de los indígenas en las costas de Centroamérica y el Caribe se ven severamente afectados por la intensificación de las tormentas tropicales, que devastan e inundan sus territorios, privándoles el acceso a los pozos de agua, campos de cultivo, ríos y bosques (Kronik y Verner, 2010), lo que se agudizará en toda América Latina con la subida del nivel del mar (CEPAL, 2014).



Figura 2.5. Inundaciones en la Amazonia peruana en el año 2015 (foto de Julio C. Postigo).

El aumento de las heladas incrementa la incidencia de enfermedades respiratorias y disminuye la productividad agropecuaria, lo que compromete la seguridad alimentaria (Mark *et ál.,* 2010).

Los aymaras perciben menor producción y rentabilidad agraria; mayor presencia de plagas; dificultad para preparar chuño, que se produce con papa helada y deshidratada, y aumento de enfermedades en los animales por la elevación de las temperaturas extremas (Garrett *et ál.,* 2013). En el Beni (Bolivia) advierten temperaturas más elevadas, lluvias y estaciones más erráticas (Hoffmann, 2015). De manera similar, las diferentes variedades de maíz, centrales en la seguridad alimentaria en Centroamérica, serán afectadas por el incremento de la temperatura, que expandirá el área no apta para su cultivo. Asimismo, si el cambio climático es abrupto y rápido, los productores podrían ser incapaces de obtener las semillas de las variedades aptas para las nuevas condiciones climáticas y tendrían que optar por variedades mejoradas que los harían dependientes del mercado —tanto de semillas como de maíz— y poseedores de una menor agrobiodiversidad (Kronik y Verner, 2010).

2.2.2.3. Pobreza

Los efectos del cambio climático actúan en conjunción con las presiones de la pobreza, que hacen, desproporcionadamente, más vulnerables a los desposeídos (Olsson *et ál.,* 2014). Más aun, la condición de pobreza y exclusión de estas poblaciones limita su capacidad adaptativa y muchas veces son poco relevantes para las políticas frente al cambio climático (IPCC, 2014; Arana, 2017; Casas Varez, 2017). Uno de estos casos es que los medios de vida de los agricultores pobres son más afectados por los efectos del cambio climático. Por ejemplo, en México, las heladas, las fuertes lluvias en zonas altas y las sequías en las tierras bajas disminuirán la productividad del café de pequeños agricultores, indígenas Tzotzil y Tzeltal (habitantes de las zonas altas), lo que afectará a los indígenas pobres de Guatemala que laboran cosechándolo (Kronik y Verner, 2010). Esto se agrava con la degradación del suelo y la falta de agua, lo que podría llevar a migraciones hacia las zonas altas con potenciales presiones sobre la población Maya de Lacandon (Kronik y Verner, 2010). Asimismo, las familias dependientes de la agricultura y de las actividades marino-costeras, como pesca en los manglares del sur de Brasil, se han visto afectadas

por sequías, inundaciones, tornados y granizadas (Bonatti *et ál.,* 2016). Asimismo, en la zona Andino-Pacífico Norte, la alteración de los patrones de precipitación afectará a la provisión de agua en grandes ciudades como Quito y Lima (Buytaert y De Bièvre, 2012; De Bièvre *et ál.,* 2012), con mayor agudeza para los pobres, quienes ya carecen de agua o acceden a ella en forma muy restringida. Diversos estudios muestran que, efectivamente, este fenómeno tensiona al sector agrícola, pone en peligro la soberanía alimentaria, puede incrementar la escasez hídrica, el acceso al agua y en general deteriorar la salud de las personas y comunidades que viven en situación de pobreza y vulnerabilidad en la región (Conde, 2007; Alfaro y Rivera, 2008; Otagri *et ál.,* 2008; Perez, 2008; Ulloa *et ál.,* 2008; Yana, 2008).

La conjunción cambio climático-pobreza no implica necesariamente que la reducción de la segunda disminuya la vulnerabilidad frente al cambio climático (Pardo y Rodríguez, 2010; Agrawal y Lemos, 2015;). En el Nordeste de Brasil la reducción de la pobreza no disminuyó la vulnerabilidad a la sequía porque esta no era prioritaria para los agricultores pobres (Nelson *et ál.,* 2016), aunque es posible que haya aumentado su capacidad adaptativa. Los pobres no solo están más expuestos a los efectos del cambio climático, sino que tienen menos recursos para responder a estos, como sucedió en Centroamérica y Caribe con las tormentas tropicales Mitch en 1998 y Félix en 2007, que afectaron a los pobres de las comunidades de tierra adentro en Nicaragua y Honduras con derrumbes; además se agudizaron la pobreza y los problemas de salud, como leptospirosis, por la degradación del suelo, la inundación de tierras marginales, el escaso acceso a centros administrativos, la destrucción de las carreteras y de las infraestructuras, mientras que niños y ancianos se vieron afectados por el impacto en la provisión de agua de calidad (Kronik y Verner, 2010).

Las olas de calor incrementan la mortalidad y morbilidad en Europa, particularmente, de ancianos y bebés, obesos, enfermos mentales y aislados sociales, así como pobres, carentes de aire acondicionado y trabajadores al aire libre (Pardo y Rodríguez, 2010; Morss *et ál.,* 2011; Gil Cuesta *et ál.,* 2017). Se estima un promedio de 0,61 % de la mortalidad a causa de las olas de calor en Europa, lo que se eleva para la Península Ibérica (IBE), con 1,14 % y 1,07 % para Portugal y España, respectivamente, que afectará a las personas de mayor edad y enfermos, pero también a las poblaciones con menores recursos económicos o marginados (Merte, 2017). Para la Península Ibérica, se proyecta el incremento del número y duración de olas de calor en el mediano (2046-2065) y largo (2081-2100) plazo (Pereira *et ál.,* 2017). Olas de calor y sequías más prolongadas incrementan la propensión a incendios; en Portugal estos tienen menor densidad en la costa urbana del noroeste y en la Lisboa metropolitana con edificios más nuevos, población más joven y de mayor poder adquisitivo que en las zonas del interior del norte y centro del país, que tienen un área quemada mayor, población de mayor edad, menor educación y densidad (Oliveira *et ál.,* 2017).

2.3. Medidas de adaptación

2.3.1. Actividades de adaptación planificada

En general, son los gobiernos nacionales quienes articulan los procesos para enfrentar el cambio climático, a través de diversas herramientas, y los necesarios cambios institucionales para incorporar esta temática como un factor transversal y multisectorial a las políticas públicas. En la **Figura 2.6** se señalan algunas acciones de adaptación al cambio climático implementadas en la región.

Los enfoques de las políticas públicas de los países de la región de América Latina son variados en cuanto a las prioridades y, aunque el portafolio de políticas es abundante, aún hay incertidumbre sobre sus resultados (Sánchez y Reyes, 2015). Si nos concentramos en los países de la RIOCC, casi en su totalidad han presentado o se encuentran trabajando en el desarrollo de una estrategia nacional de cambio climático. Aun así, los aspectos de género, pueblos indígenas y pobreza no tienen una alta visibilidad. Por otro lado, considerando el rol de los gobiernos locales en la adaptación, resulta relevante identificar planes y acciones desarrollados en los distintos niveles de gobierno.

A continuación, se describen distintos instrumentos formales y acciones planificadas llevadas a cabo principalmente por organizaciones de gobierno a distintas escalas, que incluyen las perspectivas de género, pueblos indígenas y pobreza. También se ejemplifican algunos casos en donde está ausente la inclusión de estas, presentando entonces una oportunidad de mejora.

2.3.1.1. Género

El Acuerdo de París menciona que los Estados deben respetar, promover y considerar la equidad de género y hace referencia a la necesidad de incluir medidas de adaptación que consideren este aspecto. Distintos países de la RIOCC reconocen la brecha de género existente y la mayor vulnerabilidad que esto representa. Los gobiernos están desarrollando estrategias de adaptación al cambio climático, ya sea a nivel nacional o sectorial, pero no todos incluyen aspectos de género (Casas Varez, 2017; CNCCMLD, 2018). Por otra parte, se ha visto la integración de género en políticas públicas de cambio climático, aunque se presenta una diversidad de grado de inclusión en los distintos países de América Latina y el Caribe. Por ejemplo, la República Dominicana hizo un lanzamiento oficial durante el año 2019 del Plan de Acción Género y Cambio Climático (PAGCC-RD) (CNCCMLD, 2018). Por su lado, otros ejemplos de integración de la perspectiva de género son el de Honduras, donde la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático para el Sector Agroalimentario 2014-2024 (SAG, 2014) cuenta con enfoque de equidad de género, y el de México, cuyo Programa Espe-

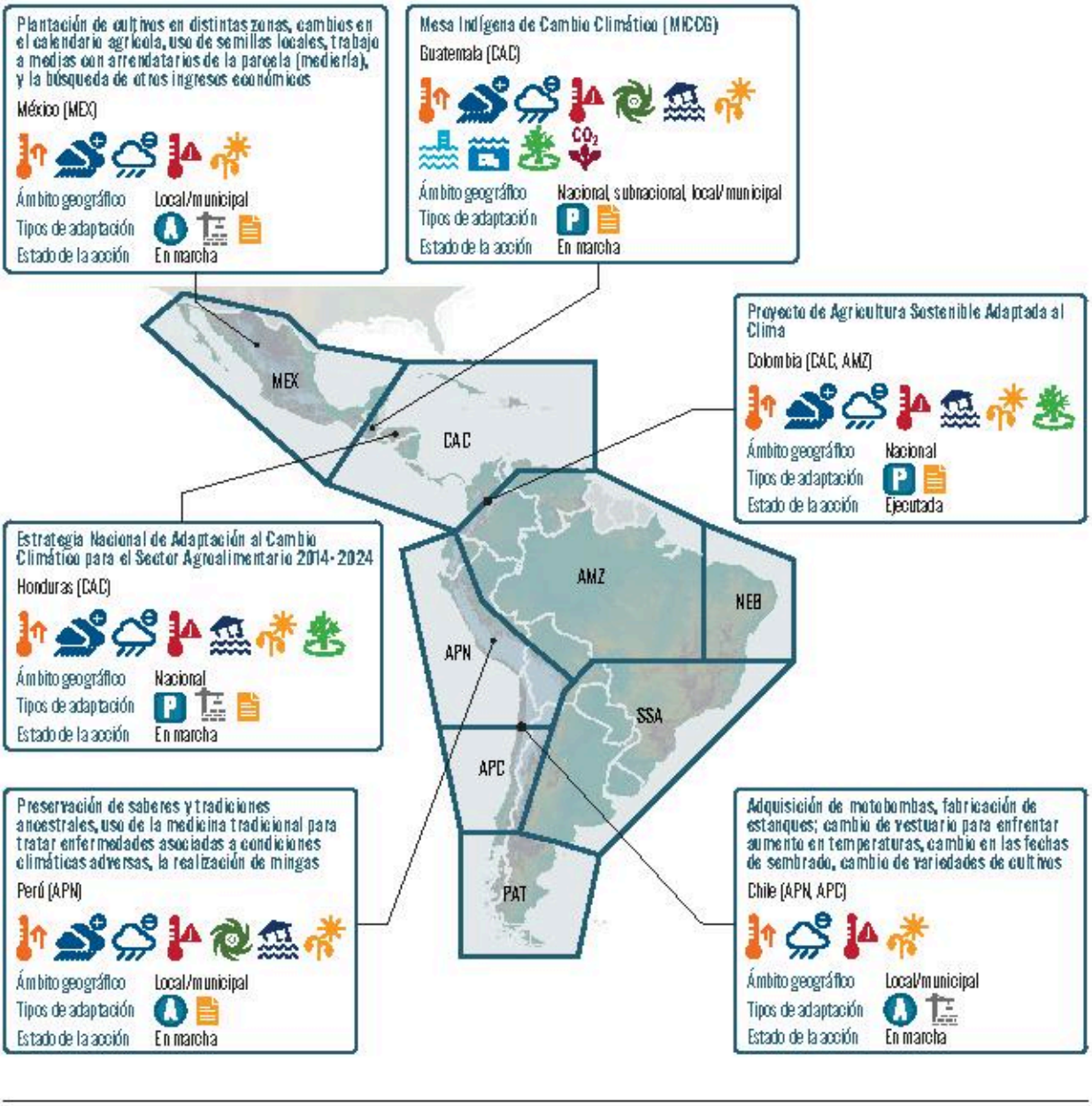


Figura 2.6. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito de la sociedad, gobernanza e inequidad. Fuente: elaboración propia.

cial de Cambio Climático 2014-2018 hace amplia referencia a las mujeres y cuenta con un apartado específico sobre género y cambio climático y, entre otros temas, con una línea de acción específica para hogares con jefatura femenina y otra para promover programas de autoconstrucción y títulos de propiedad para mujeres en situación de pobreza. Un ejemplo colombiano que cabe mencionar es el proyecto de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima con enfoque de género, el cual fue llevado adelante en conjunto por el Programa de Investigación en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) y la organización EcoHábitats. Este proyecto se puso en marcha en el Territorio Sostenible Adaptado al Clima, del noroccidente de Popayán, departamento del Cauca, y tuvo como objetivo el desarrollo de planes de resiliencia al cambio climático y la reducción de las brechas de género; para lograrlo se buscó la articulación entre la ciencia y el conocimiento local (Tafur *et ál.,* 2015). Por último, en Perú, una coalición de donantes (la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo-AECID, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD y la Embajada de Canadá) unió esfuerzos en 2014 para hacer el Plan de Acción en Género y Cambio Climático del Perú (PAGCC-Perú).

Respecto de las políticas nacionales de gestión del riesgo de desastres, al menos en ocho países de la región, Bolivia, México, Costa Rica, Paraguay, Perú, Honduras, Nicaragua y Panamá, la temática de género se presenta como eje transversal. Por ejemplo, Paraguay considera los aspectos de género en su política de Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de los bosques (REDD+), que, cuando es pertinente, integra con medidas para disminución de la vulnerabilidad. Guatemala también ha dado pasos significativos en cuanto a la consideración del enfoque de género en lo que respecta a la gestión de riesgo de desastres. La Coordinadora Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastres (CONRED) ha impulsado el fortalecimiento de la institucionalización de la gestión integral de riesgo con equidad de género y la promoción y coordinación de procesos formativos dirigidos tanto a comunidades como a la sociedad.

Chile, por su parte, ha desarrollado, a través del Ministerio de Energía, la Agenda de Energía y Género, la cual incorpora con profundidad esta mirada en las políticas energéticas, incluyendo aspectos como la promoción del desarrollo autónomo de la mujer en el sector, la incorporación de esta visión en la política energética, el fortalecimiento de las capacidades y el desarrollo de acciones a fin de disminuir las brechas de género. Como se ha dicho, gran parte de estas medidas ayudan a fortalecer la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad de las mujeres (Ministerio de Energía, 2018). En el caso de Argentina, desde el año 2016 el Gabinete Nacional de Cambio Climático ha buscado articular las políticas nacionales de cambio climático entre los distintos organismos públicos (ministerios y secretarías) y con participación de la sociedad civil. A pesar de ser un espacio establecido por decreto, no se ha registrado la inclusión de perspectivas de género ni otras orientadas a grupos vulnerables (Milano, 2019). De manera similar, en el caso de España, a pesar de ser un país con importantes políticas de igualdad de género, este tema aún no ha sido incluido ampliamente en los programas y políticas sobre el cambio climático (MINECO, 2019).

2.3.1.2. Pueblos indígenas

Debido a la presencia de gran cantidad de etnias en América Latina, este aspecto ha tenido presencia en distintos instrumentos de gobierno. Este es el caso de Bolivia, donde en 2012 fue publicada la Ley de la Madre Tierra y el Desarrollo Integral para el Buen Vivir, la cual incluye la adaptación al cambio climático entre sus artículos, a la vez que considera los saberes, conocimientos y experiencias de las comunidades indígenas, comunidades interculturales y afrobolivianas.

A fin de trabajar en el desarrollo e implementación de la Estrategia Nacional para Reducir la Deforestación, Guatemala, a través del Grupo de Coordinación de Cambio Climático, convocó a la creación del Grupo de Bosque, Biodiversidad y Cambio Climático. Con ello se busca promover el diálogo y la interacción entre distintos actores relevantes, como gobiernos, organizaciones de la sociedad civil, grupos indígenas, instituciones académicas y sector privado (Boa *et ál.,* 2014). Este grupo está conformado por comisiones de trabajo, entre las cuales se encuentra una específica para la temática de adaptación al cambio climático que busca priorizar tanto temas vinculados a grupos indígenas como a cuestiones de género (Grupo de Bosques, 2016). Guatemala también cuenta con la Mesa Indígena de Cambio Climático (MICCG), la cual ha participado en distintas iniciativas de ley vinculadas a la temática de cambio climático. Algunos ejemplos de este intercambio son: la elaboración de propuestas para que el conocimiento ancestral y las prácticas tradicionales sean incluidos tanto en la Política Nacional de Cambio Climático como en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático. Asimismo, dicha mesa ha trabajado en coordinación con la Mesa Nacional de Cambio Climático en la construcción de la Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (Decreto 7-2013, Congreso de la República de Guatemala). Dicha ley crea el Consejo Nacional de Cambio Climático, el cual incluye entre sus integrantes un representante de organizaciones indígenas y otro de la Asociación de Alcaldes y Autoridades Indígenas, AGAAI (Batzín, 2019).

En el caso de Costa Rica, encontramos un ejemplo positivo en términos de participación de pueblos indígenas. El Programa de Mediadores Culturales acercó a las poblaciones conocimientos sobre cambio climático y REDD+, posibilitando de esta manera el trabajo en medidas vinculadas al sector. Asimismo, el proceso de desarrollo de la Estrategia Nacional de REDD+ ha incorporado la visión de las partes interesadas a través del desarrollo de 71 talleres y reuniones y un encuentro específico para el análisis de las propuestas de los grupos indígenas (Milano, 2019). En dicho proceso

se promueve el respeto de los conocimientos y los derechos de los pueblos indígenas. Además, entre las acciones implementadas para asegurar el involucramiento de las comunidades originaras, cabe mencionar que la información utilizada fue compartida en las lenguas propias de cada comunidad.

Chile, por su parte, cuenta con un Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022, en el cual, aunque se ha incluido un proceso de construcción participativa y, aunque el mismo menciona la necesidad de contar con la colaboración de comunidades indígenas para incluir sus visiones y conocimientos, no se han considerado medidas de género, indígenas o pobreza de manera explícita o suficiente (Milano, 2019; MMA, 2017). Por otro lado, la elaboración de la Política Energética 2050 de este país sí ha incluido la visión y el rol de las comunidades indígenas, aunque no incluye perspectiva de género ni de equidad social.

Un aspecto relevante cuando se consideran las medidas relacionadas con los pueblos indígenas es que la adaptación debe tener un foco en el contexto local, escala en la que muchas veces se carece de información meteorológica cuantitativa y pueden presentarse discrepancias en el territorio, especialmente en regiones con relieve abrupto, como la región andina. En ese contexto, la descodificación y el aprovechamiento de los saberes locales toman un mayor valor (Torres, 2015).

2.3.1.3. Pobreza

La reducción de la pobreza es un objetivo que se ve transversalizado en las políticas de adaptación al cambio climático solo en algunos países. Por ejemplo, Perú ha incluido esta visión en su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) al enfocar esfuerzos en sectores y sistemas vulnerables frente al cambio climático, tales como poblaciones rurales ligadas a la agricultura familiar, de subsistencia o con débil articulación al mercado. Por su parte, en Brasil, el Ministerio del Ambiente (MMA), la Fundación Nacional del Indio (FUNAI) y el Ministerio de Desarrollo Social (MDS) han desarrollado estrategias para poblaciones vulnerables. En las mismas, se reconocen y abordan de manera particular las poblaciones en situación de pobreza, así como las comunidades indígenas.

Reconociendo la finitud de los recursos, se torna necesario integrar las estrategias y medidas climáticas con otras vinculadas al desarrollo. Un ejemplo es el caso de Colombia, donde el aumento de la temperatura es una variable que debe ser considerada en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), los Planes de Gestión Ambiental Regional y el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) (Magrin, 2015). Asimismo, este país ha mencionado el tema de la pobreza en su NDC, en la cual incluye un apartado en el que se resalta la importancia que tiene la promoción de una economía resiliente para la superación de la pobreza (2015).

Algunos países, como es el caso de Nicaragua, a través del Programa Socio Ambiental y Desarrollo Forestal (POSAF), se plantean como objetivo de su estrategia la reducción de la pobreza a través del mejoramiento en las condiciones de vida, logrando la disminución de riesgos ante eventos extremos. Este programa plantea algunas medidas concretas, como por ejemplo, la cosecha de agua, el desarrollo de obras hidráulicas que prevengan desastres y el fomento de la educación ambiental (Sánchez y Reyes, 2015).

En algunos países, como Perú, la reducción de la pobreza es un objetivo que se ha incluido de manera transversal en las políticas de adaptación al cambio climático. Este país ha incluido dicha visión en su NDC al enfocarse en sectores y sistemas vulnerables al cambio climático, lo cual le ha permitido identificar aquellas poblaciones que, debido a su nivel de vulnerabilidad, deben ser atendidas con prioridad. Entre ellas destacan los pequeños productores y pescadores, las comunidades nativas, y las mujeres, niños y ancianos (Milano, 2019). Asimismo, Perú cuenta con la Mesa de Concertación para la Lucha contra la Pobreza (MCLP), la cual tiene entre sus funciones la de servir de instancia de consulta para la formulación de planes nacionales, departamentales y locales, y ha sido reconocida como buena práctica de diálogo y relacionamiento (2019).

En Brasil, el Ministerio de Ambiente (MMA), la Fundación Nacional del Indio (FUNAI) y el Ministerio de Desarrollo Social desarrollaron una estrategia específica para poblaciones rurales. En ella se reconocen y abordan en particular tanto a las poblaciones en situación de pobreza como a las comunidades indígenas (MMA, 2016). Aunque no se mencionan actividades específicas, el plan de adaptación que Brasil ha presentado ante la CMNUCC incluye un capítulo vinculado a poblaciones vulnerables, el cual menciona la necesidad de identificar los territorios donde se cruzan puntos críticos de pobreza y vulnerabilidad climática. Asimismo, dentro de la sección de seguridad alimentaria, el plan menciona la necesidad de reducir la pobreza de grupos rurales.

2.3.2. Actividades de adaptación autónoma

Diversos estudios sugieren que en Latinoamérica las personas en general no tienen necesariamente claridad respecto al cambio climático, su significado e implicaciones (Otagri *et ál.,* 2008; Perez, 2008; Olmos *et ál.,* 2013; Forero *et ál.,* 2014; Hernández *et ál.,* 2015). Con o sin conocimiento del cambio climático, muchas comunidades locales han estado desarrollando diferentes estrategias de adaptación a los cambios experimentados en el clima.

2.3.2.1. Pobreza

Algunos ejemplos de cómo se ha respondido a los impactos del cambio climático de forma autónoma se presentan a continuación.

Un metaanálisis sobre percepciones latinoamericanas del cambio climático conducido por Forero *et ál.,* (2014) muestra que las prácticas de adaptación desarrolladas desde comunidades locales se concentran principalmente en tres grandes

grupos: agropecuarias (p. ej., recuperación de conocimientos ancestrales sobre cultivos, agricultura de la conservación, uso de abonos orgánicos, rotación de cultivos); comunitarias (p. ej., recuperación de medicina tradicional, trabajo y colaboración mutua, capacitaciones), y aquellas relacionadas con el agua (captación de aguas lluvias, nuevos sistemas de riego).

Un estudio en la zona centro-sur de Chile (Infante e Infante, 2013) muestra que las comunidades campesinas han desarrollado prácticas de adaptación para enfrentarse principalmente a la escasez hídrica y a las condiciones de deterioro ambiental y social de las zonas rurales. Entre estas destacan la adquisición de motobombas y la fabricación de estanques; el cambio de vestuario y de condiciones de trabajo para enfrentar el aumento de las temperaturas; el recubrimiento de cárcavas (plantando árboles y leguminosas); mayor trabajo en invernaderos, creación de aboneras, cambio en las fechas de sembrado, cambio de variedades de cultivos, abandono de prácticas como barbecho y cavado de viñas y uso de fertilizantes. En último término, estas comunidades han gestionado a través de los municipios la distribución de agua en camiones aljibes cuando la escasez ha llegado a niveles extremos, lo cual podría ser considerado una práctica de adaptación cuando no quedan más alternativas, o bien como un reflejo de una adaptación inadecuada.

En los Andes ecuatorianos (Herrador-Valencia y Paredes, 2016), las prácticas de adaptación se han concentrado en torno al incremento del riego en la época de lluvias dada la disminución de las precipitaciones anuales. Esto implica un cambio en el sistema agrícola de las comunidades locales que modifican sus prácticas para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. No obstante, aunque este cambio pueda aumentar la resiliencia, al mismo tiempo puede generar conflictos por la mayor demanda de uso del agua e incrementar situaciones de inequidad dentro de estas comunidades. Frente a esto, es necesario considerar cómo este cambio en las prácticas de riego se define o no dentro de un sistema de gobernanza que considere estos potenciales conflictos, si se trata más bien de decisiones fundamentalmente individuales o si existe apoyo externo para su implementación. Otras prácticas identificadas en este contexto son la sustitución de cultivos, notoriamente un incremento en la papa y el maíz, y acciones de protección de bosques.

Otros estudios (Alfaro y Rivera, 2008; Soares y Murillo-Licea, 2013; Soares y García, 2014) muestran resultados similares y enfatizan la importancia del sector agrícola como uno de los más vulnerables al cambio climático y desde el cual se desarrollan la mayor cantidad de actividades de adaptación desde lo local, incluyendo la habilitación de invernaderos, la introducción de nuevos cultivos, el empleo de semillas más resistentes a los cambios climáticos ya experimentados o el uso de nuevos fertilizantes.

Es necesario considerar que algunas de las prácticas mencionadas en esta sección pueden ser explicadas no solo como formas de adaptación de las comunidades locales, sino también ser influenciadas por cambios en el mercado o de políticas gubernamentales. En este sentido, resulta necesario que las políticas de adaptación se definan dentro de un modelo de gobernanza climática que permita integrar las visiones e iniciativas que surgen desde los múltiples actores involucrados a nivel local, de modo articulado con otros niveles de gobierno, tanto para amplificar las sinergias como para evitar duplicaciones de esfuerzos o conflictos que disminuyan el impacto de la adaptación.

2.3.2.2. Pueblos indígenas

Diversos estudios (Conde, 2007; Alfaro y Rivera, 2008; Forero *et ál.,* 2014; Hernández *et ál.,* 2015) muestran que las comunidades indígenas despliegan acciones a partir de su experiencia histórica frente a condiciones ambientales adversas, así como acciones innovadoras, generalmente asociadas a la implementación de nuevas tecnologías.

En la cuenca de Jovel, Chiapas, México (Soares y García, 2014), las comunidades campesinas indígenas sostienen que el cambio climático tiene causas sobrenaturales, explicadas por el enojo de los dioses frente a la conducta de los seres humanos hacia la naturaleza. En dicho escenario, desarrollan prácticas de adaptación para enfrentar impactos asociados a incendios, heladas, derrumbes y cambios en las precipitaciones que han alterado la vida de las comunidades y en particular el trabajo agrícola. Se han identificado acciones para diversificar la producción y los medios de vida, mejorando el uso de suelos y la eficiencia en el uso del agua, incrementando la aplicación de abono orgánico, el almacenaje de semillas y la recuperación de bosques. Se trata de acciones que buscan incrementar la resiliencia potenciando la reciprocidad y la cooperación dentro de las comunidades.

Otro estudio realizado con poblaciones indígenas de la Amazonia colombiana (Echeverri, 2009) sugiere que es importante entender que los impactos del cambio climático ocurren en un contexto de alta vulnerabilidad social y de tensiones ilustrado en la mercantilización de los recursos naturales, la migración de las generaciones más jóvenes y el creciente interés por el dinero dentro de estas comunidades. En este sentido, se trata de un problema que refleja no solo las malas prácticas de poblaciones no indígenas, sino también de las mismas comunidades indígenas que no han sabido enfrentar los cambios sociales que han deteriorado su propia relación con la naturaleza y que en particular afectan al sistema agrícola. Ante ese escenario, las principales actividades de adaptación identificadas se relacionan con cambios en la horticultura, principalmente la apertura de chacras o de huertos en bosques secundarios que requieren periodos secos menos prolongados sobre suelos aluviales, con el riesgo de perder las cosechas si el río crece antes de que las plantas estén listas. En ambos casos se trata de prácticas que conducen a cultivos con menor cantidad de especies, lo cual paradójicamente podría afectar a la capacidad de adaptación de estas comunidades al contar con un menor número de opciones en caso de plagas o variaciones del mercado, y al

mismo tiempo amenazar la soberanía alimentaria y generar daños en la calidad del suelo si el proceso avanza hacia el monocultivo, como es el caso de la soja en Argentina. También se identifican prácticas orientadas a incrementar la vida de los campos de cultivo, aunque esto implica el uso de tecnologías que no son desarrolladas necesariamente desde las comunidades locales. En todos los casos, aún no se conoce bien la efectividad de estas acciones. No obstante, queda claro que su implementación demanda mucho más tiempo del que solía requerir la actividad agrícola y del que tienen disponible los miembros de estas comunidades, quienes se caracterizan por la diversidad de actividades que realizan.

Por otra parte, comunidades indígenas en Chilchota, Michoacán, México (Martínez *et ál.,* 2015), han desarrollado prácticas de adaptación con resultados disímiles, considerando la falta de apoyo estatal y la sobrevaloración de las soluciones tecnológicas occidentales por encima del saber local, lo cual está también asociado a un desigual acceso a dichas tecnologías dado su costo. Entre estas acciones destacan la plantación de cultivos en distintas zonas, cambios en el calendario agrícola, uso de semillas locales adaptadas al clima de la zona (aunque no queda claro su mayor eficacia, por ejemplo, respecto al uso de agua), el trabajo a medias con arrendatarios de la parcela (mediería) y la búsqueda de otros ingresos económicos (p. ej., arriendo del terreno, migración a la ciudad, trabajo de jornalero).

En general, diversos estudios muestran que las comunidades indígenas perciben que las estrategias tradicionales son necesarias, pero no suficientes para enfrentar la magnitud de los efectos del cambio climático, pues muchas veces prevalecen las acciones individuales de limitado impacto sobre las colectivas de mayor alcance (Conde, 2007; Escobar, 2008; Otagri *et ál.,* 2008; Yana, 2008). Como consecuencia, la calidad de vida se deteriora, pudiendo incluso intensificar procesos migratorios campo-ciudad, como en el caso del Altiplano boliviano (Matijasevic, 2014). Esto sugiere que la integración de conocimientos y prácticas locales y del saber científico para enfrentar el cambio climático tendría que ocupar un lugar central en el momento de desarrollar modelos de gobernanza que aborden el desafío climático, dando importancia a lo que estas comunidades ya están haciendo de manera autónoma para adaptarse a este fenómeno y lo que la ciencia pueda ofrecer en dichos contextos.

2.3.2.3. Género

Algunas experiencias muestran la importancia de considerar las diferencias de género en la adaptación. Por ejemplo, un informe sobre el rol de las mujeres en la adaptación al cambio climático en Colombia (Tafur *et ál.,* 2015) expone que, si bien este grupo tenía menor cantidad de información respecto a prácticas de agricultura sostenible adaptada al clima que los hombres, eran ellas las que ponían en práctica dichas acciones, como el almacenamiento de agua para riego, el uso eficiente de fogones de leña, la labranza mínima y las zanjas de drenaje. Esto puede tener implicaciones concretas para políticas de apoyo estatal o de organizaciones sociales que busquen potenciar la adaptación. Al identificar tanto los conocimientos como los roles diferenciales que dentro de comunidades rurales tienen mujeres y hombres se pueden focalizar de mejor manera las capacidades que es necesario potenciar en cada grupo y la distribución de los recursos indispensables para la implementación de las prácticas ya mencionadas.

Otro estudio desarrollado con mujeres en Iquitos, Perú (Ramírez, 2016), muestra que, más allá de su alta vulnerabilidad, las mujeres son actores claves en la implementación de prácticas de adaptación, dado su rol en la preservación de los saberes y tradiciones ancestrales que a su vez son llevados a las ciudades por migrantes del mundo rural, y al mismo tiempo en el desarrollo de acciones de adaptación aprendidas en las ciudades. En este contexto destaca el uso de la medicina tradicional para tratar enfermedades asociadas a condiciones climáticas adversas, la realización de mingas (acciones colectivas y temporales para enfrentar eventos o condiciones sociales y ambientales complejas), la organización de comedores populares y el desarrollo de acciones comunitarias altruistas. En este escenario, es necesario evaluar la eficacia de las prácticas implementadas a partir de dichos saberes y la integración de estos conocimientos con la ciencia, de modo tal que se potencien aquellas prácticas que estén teniendo mejores resultados. Sin embargo, una vez más sobresale el rol diferencial de las mujeres que, en condiciones de alta vulnerabilidad social y ambiental, despliegan recursos comunitarios basados en la tradición y en redes de cooperación.

Finalmente, es importante mencionar que existen vacíos de conocimiento que demandan nuevos estudios. Por ejemplo, no está claro cómo los hombres en sectores rurales o en comunidades de pescadores están siendo afectados psicológicamente por este problema, principalmente al poner en peligro su capacidad de proveer, rol central en la construcción de su identidad y en el mantenimiento de su posición social dentro de comunidades con estructuras sociales tradicionales.

A pesar de la limitada evidencia, es clara la importancia de considerar la variable género no solo en el momento de implementar la adaptación, sino al desarrollar modelos de gobernanza climática contextualizados a las realidades locales, especialmente en condiciones de pobreza y desigualdad.

2.4. Interacciones y cobeneficios

Si bien en los países RIOCC existen varios esfuerzos orientados a integrar adaptación y mitigación en las políticas de cambio climático, como las estrategias de desarrollo ganadero y agricultura bajas en carbono (Costa Rica, Colombia, Brasil, Chile) y planes de acción sectorial que incluyen Adaptación y Mitigación en el Sector Vivienda y Desarrollo Territorial (Colombia) (Gobierno de Colombia, 2015; LEDS LAC y EuroClima, 2015), por mencionar algunos, las inte-

racciones entre adaptación y mitigación respecto de la dimensión social del cambio climático no han sido, hasta el momento, ampliamente documentadas. Detectar a tiempo estas interacciones y conocer sus sentidos, cobeneficios y maladaptación es indispensable para mejorar la evaluación costo-efectividad de las medidas de adaptación que se están llevando a cabo en estos países, así como ayudar a integrar eficientemente la adaptación dentro de los procesos de gestión y toma de decisiones, particularmente en temáticas relacionadas con género, pueblos indígenas y pobreza (Magrin, 2015). En general, las medidas de adaptación al cambio climático en los países de la RIOCC no tienen como foco central la dimensión social de este, ni apuntan específicamente a desarrollar acciones en el ámbito del género, los pueblos indígenas y la pobreza. Sin embargo, en algunas estrategias de adaptación que se desarrollan para otras dimensiones, como recursos naturales (hídricos, agropecuarios, pesqueros, forestales), sistemas naturales (biodiversidad, manejo de bosques) y riesgos (desastres naturales), aparecen menciones a estas temáticas sociales. Dicho esto, se presentan a continuación ejemplos de medidas de adaptación que tienen algún foco en el género, los pueblos indígenas y la pobreza y que además interactúan con mitigación (para más detalle ver **Figura 2.7**). Se presentan mayoritariamente estudios sobre América Latina y el Caribe debido a que la literatura respecto a acciones en estas temáticas en la Península Ibérica es menor.

2.4.1. Género

Las principales problemáticas de género en un contexto de cambio climático son la feminización de la pobreza, el trabajo de temporada y el acceso desigual a la tierra (Ayala *et ál.,* 2016; EU e IICA, 2015). Por ello, el avance de las sociedades en asegurar la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres es una manera inequívoca de potenciar cobeneficios entre las medidas de adaptación y mitigación ante el cambio climático y el desarrollo social (Glemarec *et ál.,* 2016). Los registros sobre estrategias de adaptación que establecen explícitamente el interés por promover y garantizar la participación preferencial de las mujeres remiten principalmente a acciones en el ámbito de la seguridad alimentaria (agricultura) y en el de la recuperación de bosques (forestación). En México (Chappell *et ál.,* 2013; Bee, 2014; Buechler, 2016; Lookabaugh, 2017), Cuba (Almagro *et ál.,* 2017); Nicaragua (Landero *et ál.,* 2016) y Colombia (AECID, 2018), se reporta que campesinas organizadas practican agroecología: reorientan las actividades agrícolas hacia la sostenibilidad al proteger los cultivos de la radiación y la humedad y diversificar los productos; realizan siembras escalonadas y estacionales; usan eficientemente el agua de riego; producen a escala local, y liberan la producción de la dependencia de combustibles fósiles, aumentando los sumideros de carbono en la materia orgánica del suelo y en la biomasa por encima del suelo. Todo ello tiene como cobeneficio en mitigación la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero (De Schutter, 2010; Borsdorf *et ál.,* 2013; Turbay *et ál.,* 2014). Además, en algunos casos también promueven la siembra de árboles frutales, lo que trae como cobeneficio en mitigación la captura de gases de efecto invernadero (Buechler, 2016). Como beneficios sociales se observa la creación de un medio alternativo para el consumo de productos orgánicos, que les permite a la vez (re)activar su capacidad productiva y generar ingresos. Además, se favorece la relación directa entre productoras, procesadoras artesanales y consumidoras, creándose redes que revalorizan el consumo de productos tradicionales y aumentando la participación de las mujeres en el desarrollo local.

Otra estrategia de adaptación en esta línea es un proyecto de agricultura periurbana que promueve la cunicultura en México (Sandoval y Pérez, 2015). Se trata de un tipo de producción de alimentos que requiere menos agua, disminuye la producción extensiva de forrajes, puede ser desarrollada en pequeñas extensiones de tierra y reduce el traslado de ganado, trayendo como cobeneficio de mitigación la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, en términos de género este es un ejemplo de maladaptación: los núcleos de reproducción a cargo de mujeres no lograron criar conejos adultos que alcanzaran los estándares necesarios para su consumo y comercialización debido a que las mujeres de la zona no tienen posibilidad de decidir sobre el uso de los recursos familiares, y no pueden invertir los ingresos y ahorros familiares en solventar este tipo de emprendimientos. Tampoco percibieron apoyo de sus familias para el cuidado de los conejares, ya que este tipo de producción no es considerada rentable por los hombres de sus familias.

2.4.2. Pueblos indígenas

Los pueblos indígenas son una de las poblaciones más vulnerables al cambio climático. A pesar de esto, en general no han sido considerados como actores claves en las políticas y programas de adaptación y mitigación, desconociéndose las formas en que producen conocimiento y conciben las relaciones con la naturaleza (MINAGRI, 2013; Ulloa, 2015). Existen estudios que pueden servir de apoyo para incorporar estos aspectos a la política pública, como estudios sobre cosmovisión y naturaleza, patrimonio biocultural de los pueblos indígenas, y otros sobre ecosistemas y sistemas complejos (Toledo, 2002; Boege, 2008; Toledo *et ál.,* 2009).

Se han registrado casos de pueblos indígenas en Perú (Martone, 2015; Guzmán, 2017), Guatemala (UNDP, 2013) y Nicaragua (Cunningham Kain *et ál.,* 2010) que han establecido como medidas de adaptación áreas comunitarias de conservación de bosques, humedales y suelos, estableciendo áreas de reproducción y conservación de especies, lo que tiene cobeneficios con la mitigación. En algunos casos, existe un rol de los pueblos originarios en la conservación de bosques, como se puede ver en el caso de la Amazonia brasileña, donde las áreas en las que se encontraban comunidades indígenas presentaban una deforestación inferior al 1 % frente al 7 % registrado en otras zonas (OIT, 2018).

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Migración de las generaciones más jóvenes en pueblos indígenas									
Almacenaje y uso de semillas locales llevados a cabo por pueblos indígenas									
Preservación de saberes y tradiciones ancestrales									1 2 3 4
Uso de la medicina tradicional para tratar enfermedades asociadas a condiciones climáticas adversas									
Organización de comedores populares y acciones comunitarias altruistas llevadas a cabo por mujeres									
Realización de mingas									
Uso eficiente de fogones de leña									
Programas de autoconstrucción y títulos de propiedad para mujeres en pobreza									
Fabricación de estanques para captación de agua en poblaciones pobres									
Camiones aljibes									
Adquisición de motobombas									
Diversificación de la producción y los medios de vida en pueblos indígenas									
Cambios en el calendario agrícola									
Uso de semillas más resistentes al calor o sequía									
Tecnificación del riego									
Sustitución de cultivos									

Figura 2.7. Interacciones en el ámbito de la sociedad, gobernanza e inequidad entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. *(Continúa en la página siguiente).*

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (●) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo).

Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[3] Prioridades del Marco Sendai: ❶ comprensión del riesgo de desastres; ❷ fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; ❸ invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; ❹ mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

Figura 2.7. Interacciones en el ámbito de la sociedad, gobernanza e inequidad entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia. *(Continuación).*

En México se han documentado casos de diversificación y renovación de cafetales viejos e improductivos, junto con producción de cacao bajo sombra, frutales (cítricos) y forestales (maderables y nativas), con el objetivo de capturar carbono y, como cobeneficio en adaptación, generar otros ingresos (AECID, 2018). También se han registrado casos en Colombia, Costa Rica, Perú y Guatemala (Echeverri, 2009; UNDP, 2013; Fondo de Adaptación, 2017; Huaman, 2016) de estrategias de adaptación de agricultura y ganadería sustentable, recuperando los propios métodos agrícolas y ganaderos tradicionales de las poblaciones, que mantienen una relación de respeto y armonía con la tierra (diversificación del ganado, los cultivos y las plantaciones; rotación de cultivos; fertilizantes libres de productos químicos), mediante el enriquecimiento del suelo (abono y mantenimiento), así como con prácticas de gestión agrícola-ganadera ecológicas. Estas estrategias, además, protegen las zonas de recarga de acuíferos mediante la reforestación y restauran arrecifes y manglares, lo que trae cobeneficios en mitigación.

Para las poblaciones indígenas, estas medidas han ayudado a aumentar la autosuficiencia de las comunidades, mejorar la gestión y organización comunitaria, vincularlas con mercados, mejorar su capacidad adquisitiva y aumentar la sensibilidad sobre los riesgos climáticos (UNDP, 2013; Martone, 2015; Fondo de Adaptación, 2017; Guzmán, 2017). Algunas de estas prácticas agrícolas no son propias de todas las poblaciones indígenas: quienes son nómadas, por ejemplo, se ven obligados a establecerse, disminuyendo el tiempo disponible para otras actividades de subsistencia, menoscabando así su tradicional pluriactividad, lo que podría llevar a una maladaptación (Echeverri, 2009).

Algunos autores argumentan que se presentan casos de maladaptación al cambio climático; por ejemplo, la construcción de represas, justificada como una alternativa de producción de energía renovable, que atrae inversiones extranjeras, permite reservar agua y otorga seguridad frente a desastres naturales. En general, estas obras violan los derechos humanos de los pueblos originarios, ya que para su construcción se les despoja de sus territorios, no se les consulta sobre sus intereses y necesidades, no se les informa sobre las ventajas y desventajas de los proyectos; en suma, son invisibilizados (Mendoza, 2009; Deemer *et ál.,* 2016). Ejemplos emblemáticos de esto se encuentran en México (Von Bertrab *et ál.,* 2011), Nicaragua (Mendoza, 2009); Colombia (Soler y Urrea, 2007); Chile (Solar, 1999); Brasil y Bolivia (Antentas, 2008), y Costa Rica (Cole, 2009), entre otros.

2.4.3. Pobreza

En un contexto de cambio climático, la seguridad alimentaria es uno de los principales problemas a los que se enfrentan las poblaciones en situación de pobreza, sobre todo en áreas rurales. Esto, además, trae como consecuencia el éxodo de la mano de obra joven, lo que dificulta la mantención de las actividades productivas locales e incrementa las rupturas en la transmisión de tradiciones y en la generación de conocimiento (IIE Brasil, 2016). Para paliar esta situación se han implementado estrategias de adaptación que disminuyan su vulnerabilidad, como aquellas que promueven la agroecología, acompañada de forestación o protección de bosques, con el fin de generar microclimas que propicien el crecimiento de los cultivos, paliar los efectos de los

desastres naturales sobre estos y delimitar las parcelas, lo que trae como cobeneficio de mitigación la captura de gases de efecto invernadero. Ejemplos de ello se encuentran en Colombia (Ordóñez, 2011; Borsdorf *et ál.,* 2013), Brasil (IIE Brasil, 2016), Cuba (Díaz, 2013), Uruguay (Fondo de Adaptación, 2016) Perú (Tumi y Tumi, 2013), México y El Salvador (Campos *et ál.,* 2013). En términos sociales, estas estrategias permiten el aumento de los ingresos de las poblaciones y su acceso a los mercados; la generación de procesos económicos asociativos (economía solidaria y sostenibilidad) tanto de producción como de comercialización agrícola; el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias y otras instituciones colectivas para la gestión participativa de recursos; el mejoramiento de la comunicación y el apoyo entre vecinos, y la reintegración de la familia en torno a la producción alimentaria, acercando a los más jóvenes a la agricultura (Ordóñez, 2011; Borsdorf *et ál.,* 2013; Díaz, 2013; Turbay *et ál.,* 2014; Fondo de Adaptación, 2016; IIE Brasil, 2016; UNDP, 2013).

Estrategias de adaptación al cambio climático directamente diseñadas para abordar, además, la temática de pobreza en zonas urbanas se encuentran en México (Barrios y Descroix, 2012; AECID, 2018). Una de ellas es el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos, que consiste en el pago de mano de obra local para la construcción de obras de conservación del suelo y del agua en áreas susceptibles de proporcionar servicios ambientales, lo que contribuye a retener a los pobladores en las localidades y disminuir la migración en busca de trabajo. La otra es el proyecto Espiga, estrategia para enfrentar la falta de acceso a alimentación saludable y la escasez de áreas verdes, que consiste en la creación y operación de un espacio verde y autosostenible con diversas técnicas de agricultura urbana, como huertos; sistemas de hidroponía, aeroponía y acuaponía; invernaderos, camas de cultivos y bosques. Para optimizar y reutilizar recursos naturales, cuenta con sistemas de captación pluvial y de tratamiento de aguas residuales, paneles solares y centros de compostaje para generar abono, biofertilizantes y bioinsecticidas. Ambas iniciativas tienen cobeneficios en mitigación.

En cuanto a pobreza energética y vulnerabilidad social ante el cambio climático, los proyectos New4old y Buildheat en Zaragoza, España, rehabilitan inmuebles de vivienda social mediante el uso de tecnologías innovadoras, energías renovables y medidas de eficiencia energética, lo que a nivel de mitigación genera disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y en tanto cobeneficios mejora la gestión social (creación de empleo, procesos participativos entre vecinos, concienciación hacia el ahorro energético) (Martín *et ál.,* 2018).

Un ejemplo en contexto urbano lo encontramos en Puebla, México, donde se ha desarrollado la iniciativa Green Wallet. Por cada kilogramo de residuos entregado en los almacenes vinculados a la iniciativa, se obtienen créditos electrónicos. Esta iniciativa muestra cómo el reciclaje puede significar una oportunidad para pequeños emprendedores y, además, reduce las emisiones (Martín *et ál.,* 2018). Otro ejemplo en el contexto urbano es el caso de Medellín, Colombia, donde a través del desarrollo de medios de transporte público masivos se integraron poblaciones de los barrios más pobres, aumentando las oportunidades de sus habitantes. Esta medida, además, ha permitido conectar la ciudad de manera más eficiente, reduciendo las emisiones (IDDRI, 2015).

2.5. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

En América Latina se cuenta con variadas propuestas en la utilización de medidas e indicadores que cubren varios campos de la adaptación. Recientemente se han desarrollado medidas e indicadores que permiten valorar si las estrategias de adaptación son efectivas en contextos específicos, pero aún existe un limitado número de ellas. Por otro lado, se identificaron pocas contribuciones que permitan evaluar específicamente la efectividad de las acciones tomando en cuenta variables como el género, la pobreza o los pueblos indígenas.

Algunas de estas medidas se han expresado en índices integradores que valoran la utilidad o éxito de prácticas de adaptación en sectores. El Índice de Utilidad de Prácticas de Adaptación (IUPA) es ejemplo de ello. El índice se ha utilizado en Chile, Colombia (el primero ubicado en la Amazonia y el segundo en la región Andino-Pacífico Central) y México para evaluar la efectividad de las prácticas de adaptación de gestión del riesgo en el sector agropecuario, entre otros (Aldunce, en prensa; Aldunce y Debels, 2008; Aldunce *et ál.,* 2016; Aldunce *et ál.,* 2008; Debels *et ál.,* 2009; Zorrilla y Kuhlmann, 2015). En México, el Gobierno Federal lo ha utilizado para priorizar estrategias de adaptación a nivel local e identificar medidas exitosas considerando las regiones y sectores particulares de este país (Gobierno de México, 2013).

Respecto de la Península Ibérica, cabe destacar el ejemplo del Indicador sintético de la adaptación a los impactos del cambio climático para Cataluña, España. Si bien esta medida fue diseñada para evaluar los impactos del cambio climático en esta comunidad y su finalidad última era responder, de una manera cuantificable, en qué medida esta Comunidad Autónoma se está adaptando o no a los impactos del cambio climático (OCCC, 2014), lo cierto es que este indicador está compuesto por algunas medidas que permitieron valorar qué porcentaje de las medidas de adaptación planteadas en la Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático Horizonte 2013-2020 está conduciendo a los objetivos planteados en la misma estrategia. El gasto interno en investigación y desarrollo tecnológicos entre el Producto Interno Bruto (PIB), la tasa de riesgo a la pobreza y la superficie verde por habitante en la ciudad de Barcelona son ejemplos de estos indicadores.

De manera similar, en España se han utilizado propuestas metodológicas desarrolladas para medir los costos de adap-

tación en diversos sectores en el marco del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Gobierno de España, 2018a). Aquí se destaca la propuesta metodológica de Ojea *et ál.* (2012), que se sintetiza en evaluar los costos de adaptación fijando un objetivo de la misma y analizando las medidas más adecuadas al menor costo. La selección de las opciones de adaptación, la cual representa una de las fases de la propuesta metodológica, se realiza a partir de cuatro criterios: relevancia de la opción frente al impacto que se quiere minimizar; efectividad de la medida; escala de acción adecuada, que sería la magnitud de adaptación necesaria para lograr los objetivos de reducción de impactos, y la viabilidad de las medidas según las características de la región en la que se quiere actuar (Ojea, 2015). Hay que destacar que existen otras metodologías diseñadas también para la selección de opciones que no consideran la efectividad como criterio de evaluación. Es el caso de la propuesta diseñada por Capela-Lourenco *et ál.* (2016), que contemplan como criterios evaluativos la eficacia, eficiencia, flexibilidad, legitimidad, urgencia y sinergia. Dicha metodología fue utilizada para seleccionar las acciones que integran actualmente las estrategias municipales de adaptación al cambio climático en Portugal (ClimAdaPT.Local, 2016).

Por otra parte, se han diseñado guías que permiten identificar acciones exitosas considerando las regiones y sectores en particular a través de medidas ya desarrolladas. Es el caso de la Metodología para la Priorización de Medidas de Adaptación frente al Cambio Climático, la cual se caracteriza por identificar las acciones exitosas a través del Multicriteria Analysis for Climate Change (MC4Climate) y el IUPA (Zorrilla y Kuhlmann, 2015). Entre los criterios que se consideran para la selección de estrategias se encuentran el costo de la medida en comparación con su efectividad o sus beneficios para la reducción de la vulnerabilidad y si la medida da prioridad al apoyo de las poblaciones más vulnerables ante los efectos del cambio climático. Esta guía también ha sido reconocida por el Gobierno mexicano por su utilidad para la priorización de medidas de adaptación a nivel local (Gobierno de México, 2013).

Existen otras propuestas que se expresan en sistemas agregados de indicadores y se utilizan para la toma de decisiones en el área de medio ambiente y que son útiles para el seguimiento y evaluación de opciones de adaptación. En la Península Ibérica se identifica el Sistema de Indicadores Ambientales de Aragón, así como el de Andalucía (España). El primero está compuesto por 95 indicadores, 82 de ellos clasificados por áreas temáticas (Gobierno de Aragón, 2018), y el segundo, por 56 indicadores que también son clasificados temáticamente (Junta de Andalucía, 2019). Otros sistemas permiten de manera puntual valorar las opciones de adaptación y orientar el diseño de instrumentos de planeación. Dado el costo económico y la dificultad de contar con los datos y la información requerida para el seguimiento permanente de dichos indicadores, no todos los países cuentan con ellos. Algunos, como el caso de España, se encuentran en este momento trabajando en el diseño de un conjunto de indicadores de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático (Gobierno de España, 2018b; MAAM, 2014). Por ejemplo, para el caso de los Parques Nacionales, dicho país elaboró un sistema de indicadores socioeconómicos para la evaluación y seguimiento del cambio climático en los parques Sierra de Guadarrama y Picos de Europa (López y Pardo, 2018). En América Latina sobresalen varios sistemas agregados de indicadores: el Sistema Nacional de Indicadores para la Adaptación al Cambio Climático en Colombia, el Sistema de Indicadores para la Adaptación al Cambio Climático en México y el Repositorio de Indicadores de Adaptación, compuestos por 38, 45 y 105 indicadores, respectivamente, son ejemplo de ellos. Estos sistemas son relevantes porque varios indicadores son recuperados de contextos de América Latina, como es el caso de México (Hammill *et ál.,* 2014), y además porque se adaptan a circunstancias y contextos específicos (Vallejo, 2017) y los indicadores que los conforman han sido probados o implementados para valorar algún aspecto vinculado con la adaptación (Hammill *et ál.,* 2014; Romero-Ruiz *et ál.,* 2016; Vallejo, 2017). Las tres propuestas contemplan indicadores que permiten en cierta forma medir la efectividad de las opciones de adaptación. Por ejemplo, el Sistema de Colombia contempla las pérdidas de productividad de cultivos principales para la seguridad alimentaria y el empleo de productores, pérdidas por eventos extremos de infraestructura urbana y vivienda e inversión municipal en la gestión de riesgos. El Sistema de México considera el porcentaje de agua residual que se trata y el presupuesto anual destinado a la adaptación y reducción de la vulnerabilidad; y el Repositorio contempla el porcentaje de hogares con reducción de riesgo de inundaciones debido a construcciones de defensas, reducción de costos de los daños por inundaciones, porcentaje de tierras de cultivo cubiertas por seguro de cosechas, y el aumento en la productividad agrícola mediante el riesgo de tierra cosechada.

También se destaca que algunos de los indicadores que conforman los anteriores sistemas son desagregados por género o pobreza. El Sistema de indicadores de Colombia propone el índice de pobreza multidimensional para valorar la sensibilidad de la sociedad (Romero-Ruiz *et ál.,* 2016). El de México presenta la población que habita en localidades con condiciones de rezago social alto y muy alto en municipios considerados como de alta y muy alta exposición al cambio climático, y población en condiciones de inseguridad y dependencia alimentaria como indicadores que permiten valorar el sistema social para la adaptación (Zorrilla y Altamirano, 2014). En cuanto al Repositorio, desarrolla algunos indicadores referentes al impacto ambiental y medidas de adaptación que son desagregados por género y grupo socioeconómico. El porcentaje de personas en condiciones de pobreza en áreas propensas a la sequía con acceso a agua segura y confiable representa el único indicador referido directamente a la pobreza, y este se encuentra dentro del conjunto de medidas consideradas en el resultado de adaptación (Hammill *et ál.,* 2014).

Existen esfuerzos que colocan el género y los pueblos indígenas en el centro del análisis de los aspectos directamente relacionados con la adaptación, como es el caso de la herra-

mienta de indicadores de género en la reducción de riesgo de desastres (RRD) desarrollada por Calderón *et ál.* (2014). Esta herramienta se distingue por aplicar indicadores que miden cómo en el trabajo de RRD se están teniendo en cuenta los planteamientos correspondientes de análisis de género. Cualquiera de las acciones o fases de la RRD se observa desde el análisis de las variables de la división sexual del trabajo, roles y estereotipos de género, acceso y control de recursos, necesidades prácticas e intereses de género, entre otras. También se caracteriza por identificar indicadores que se pueden analizar a nivel de comunidad. Aunado a ello, se cuenta con estudios que proponen indicadores básicos que permitan dar seguimiento y demostrar el efecto/impacto para cerrar brechas de inequidad entre mujeres y hombres en los procesos de adaptación (Dávalos *et ál.,* 2013).

En cuanto a los pueblos indígenas, Carlos y Moreno-Sánchez (2015) diseñaron un índice de capacidad adaptativa al cambio climático que fue utilizado en las comunidades indígenas de la Amazonia peruana. El primer indicador que conforma esta medida se refiere explícitamente a pobreza y, a su vez, está constituido por la combinación de tres subindicadores: necesidades básicas satisfechas, percepción de pobreza y estilo material de vida. Hay que destacar que esta medida fue desarrollada con base en el índice de capacidad adaptativa propuesto por Maldonado y Moreno-Sánchez (2014), y que fue utilizado para estimar la capacidad de adaptación en comunidades locales. El índice propuesto por Carlos y Moreno-Sánchez se ha reconocido y utilizado como una herramienta que contribuye a la priorización de acciones para el fortalecimiento de la capacidad adaptativa en comunidades indígenas del Perú (Del Castillo *et ál.,* 2016).

Se identifican propuestas de indicadores que, si bien no son desarrolladas desde América Latina, sí pueden emplearse para medir la utilidad y efectividad de las acciones que se implementan en países ubicados en diferentes regiones, por ejemplo, países de América Latina o de la Península Ibérica. Es el caso de los indicadores que proponen Kabisch *et ál.* (2016) para evaluar la efectividad de las soluciones basadas en la naturaleza (espacios verdes y azules). El aumento del número de personas dedicadas al deporte, disminución de enfermedades respiratorias y obesidad, disminución de la muerte prematura durante las olas de calor, número de personas con acceso a espacios verdes o azules en relación con el número de residentes afectados por desplazamiento, porcentaje asignado a la planificación, implementación y mantenimiento de espacios son algunos de los indicadores que proponen para valorar la efectividad. Cabe destacar que ninguno de los indicadores toma como elementos centrales la pobreza, el género o los pueblos indígenas y tampoco son desagregados en ellos.

2.6. Casos de estudio

En la **Figura 2.8** se presentan los casos de estudio que se desarrollan a continuación.

2.6.1. Índice de Utilidad de Prácticas de Adaptación (IUPA)

2.6.1.1. Resumen del caso

El IUPA es un índice integrador que permite evaluar la efectividad y utilidad de las prácticas de adaptación en diferentes niveles y sectores, así como sus facilitadores y barreras de implementación. Se ha utilizado con éxito en los países ubicados en la Amazonia, en la región Andino-Pacífico Central y en México. Los logros de los propósitos de la práctica de adaptación, costo total de la práctica de adaptación, proporción de beneficiarios y nivel de resiliencia, son algunos de los indicadores que integran el índice. El presente caso está basado en Aldunce *et ál.* (2008), Aldunce *et ál.* (2016) y Debels *et ál.* (2009).

2.6.1.2. Introducción a la problemática del caso

Actualmente nos enfrentamos con la dificultad de contar con medidas que permitan evaluar la efectividad de la adaptación considerando como variables centrales el género, la pobreza y los pueblos indígenas. Empero, sí se identificaron propuestas diseñadas y desarrolladas en América Latina para evaluar específicamente la efectividad de las prácticas de adaptación en contextos específicos (Hammill *et ál.,* 2014; Zorrilla y Altamirano, 2014; Zorrilla y Kuhlmann, 2015; Romero-Ruiz *et ál.,* 2016). No obstante, son pocas las que han sido reconocidas por su utilidad. En este caso de estudio se destaca el IUPA, que se ha utilizado para valorar prácticas de adaptación en sectores de varios países de América Latina y ha demostrado ser una herramienta rápida, flexible y de bajo costo que sirve de apoyo a los responsables de la formulación de políticas y a los profesionales en el diseño, implementación o evaluación de prácticas de adaptación, con énfasis en las comunidades locales (Aldunce y Debels, 2008; Aldunce *et ál.,* 2008).

2.6.1.3. Descripción del caso

El IUPA nació cuando existían trabajos que describían y analizaban las opciones de adaptación en América Latina en diferentes regiones y sectores, pero se carecía de estudios —o eran limitados— que proporcionaran una orientación sobre los criterios específicos que pudiesen evaluar la utilidad general y el potencial de éxito de las acciones de adaptación pasadas, actuales y futuras en contextos particulares, de modo que hubiera mejora de las prácticas mencionadas (Debels *et ál.,* 2009; Aldunce *et ál.,* 2016).

La metodología del IUPA se compone de un índice que integra indicadores, los cuales son generados según una revisión bibliográfica. Dichos indicadores sirven de sugerencias de variables para ser incluidas por el usuario en la evaluación

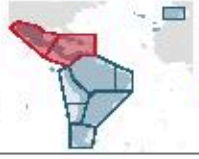
Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Impactos de las inundaciones y sequías en los medios de vida los cocamas	Perú			Nacional		Subnacional
Transversalización de la perspectiva de género en las políticas de cambio climático en México	México			Nacional		Supranacional, nacional
Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y El Salvador	México, El Salvador			Subnacional		Municipal/ local



Figura 2.8. Caracterización de los casos de estudio (sociedad, gobernanza e inequidad). Fuente: elaboración propia.

de la utilidad de una práctica. Una vez realizada la evaluación, los resultados de dichas evaluaciones se presentan en un gráfico de araña, que permite visualizar de forma simple tanto el desempeño (nota) como el peso (importancia) de cada una de las variables o indicadores evaluados (**Figura 2.9**).

El IUPA se distingue de otras metodologías de evaluación por ser altamente flexible en su uso, lo que permite adecuarlo a distintos contextos y tipo de prácticas. Esto se debe a que en el momento de la evaluación los usuarios deciden qué variables incluir entre las propuestas y también sugieren nuevas variables. Por otro lado, el uso del UIPA ha propiciado el aprendizaje mutuo entre distintos usuarios de prácticas de adaptación. Esto se logra cuando la evaluación es participativa, por ejemplo, cuando se realiza a través de talleres, donde los asistentes colaboran en la evaluación de un grupo de prácticas, para lo cual las prácticas son presentadas por los usuarios al resto de los participantes y se discute respecto de sus beneficios y barreras, entre otros aspectos (**Figura 2.10**).

En su conformación original, el índice está integrado por 14 indicadores con pesos distintos, los cuales se pueden adaptar a condiciones y objetivos locales a partir de las contribuciones adicionales de expertos y de todos aquellos involucrados en las acciones de adaptación. Entre los indicadores que contempla, hay uno que se refiere a las poblaciones más vulnerables y otro a la consideración del conocimiento tradicional en la práctica de adaptación. Aquí se presenta otro aspecto positivo del IUPA, ya que la literatura reconoce que la vulnerabilidad, la cual está estrechamente relacionada con la pobreza y el conocimiento de las comunidades indígenas y tradicionales, es relevante para lograr la efectividad de las opciones de adaptación (Eriksen *et al.*, 2007; Salick y Byg, 2007; UICN, 2008; Ibarrarán *et al.*, 2014).

2.6.1.4. Limitaciones e interacciones

El IUPA contempla indicadores desagregados por pobreza y pueblos indígenas. Sin embargo, estos son insuficien-

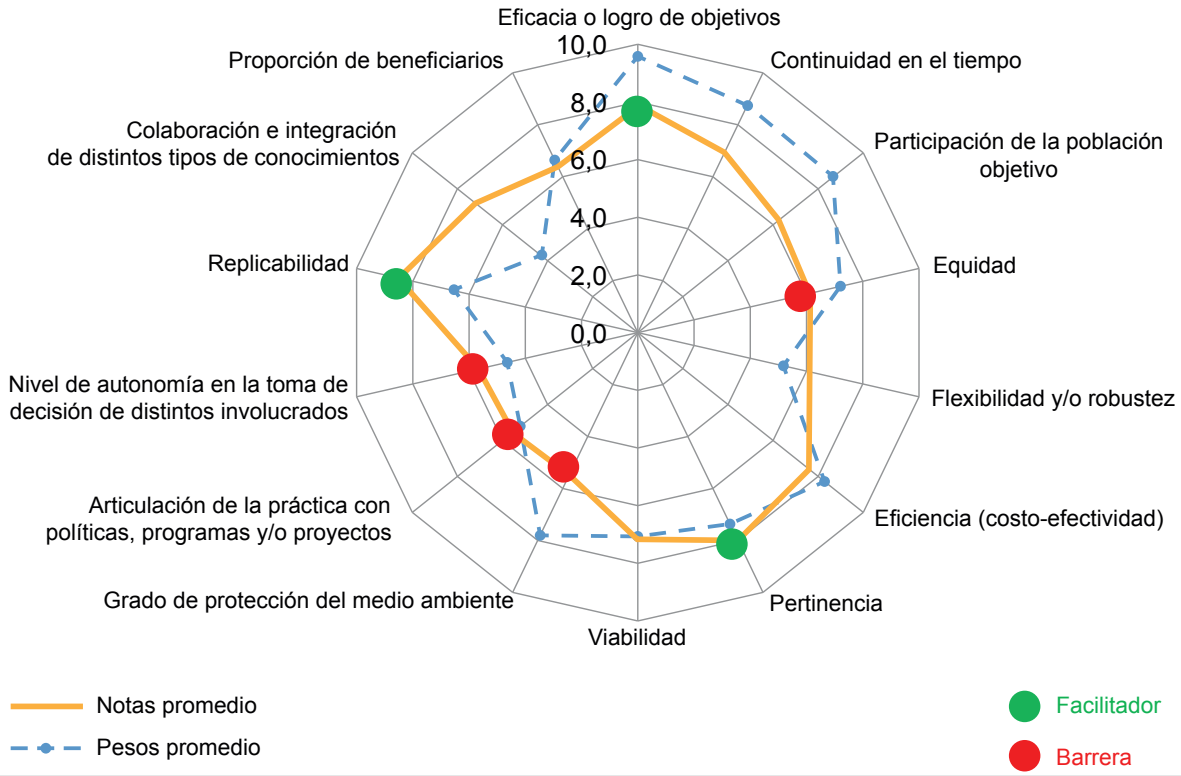


Figura 2.9. Ejemplo de presentación de resultados en formato gráfico de araña de la evaluación de las prácticas evaluadas mediante la metodología del IUPA. Fuente: elaboración propia.



Figura 2.10. Evaluación participativa de prácticas de adaptación realizada por los implementadores de las mismas. Valle de Aconcagua, Chile. Fuente: Proyecto Fondecyt n.° 11140394.

tes para visibilizar adecuadamente la influencia de estos aspectos en la efectividad de las opciones de adaptación. Al respecto, existen diversos estudios que reconocen que la vulnerabilidad está estrechamente relacionada con la pobreza tanto absoluta como relativa (Eriksen *et ál.,* 2007; Ibarrarán *et ál.,* 2014). De la misma manera, el conocimiento de las comunidades indígenas y tradicionales es reconocido como relevante para lograr la efectividad de las opciones de adaptación (Salick y Byg, 2007; UICN, 2008; Carlos-Gomez y Moreno-Sánchez, 2015).

Otra limitante del IUPA es no contemplar indicadores de género ni desagregar los propuestos a este aspecto. La literatura muestra también la importancia e influencia que tiene el género en los procesos de adaptación (PNUD, 2009; Gonda, 2014; OMS, 2016).

2.6.1.5. Lecciones identificadas

Las lecciones que deja el diseño y utilización del IUPA se orientan principalmente en la importancia que tiene el trabajo transdisciplinario y la participación de los actores involucrados para identificar las opciones de adaptación en sectores y contextos específicos. Permite valorar su efectividad y aprender de ellas, con énfasis en determinar factores identificados como fortalezas, los cuales pueden ser replicados en otros casos, considerando el contexto y especificidades, así como limitantes y barreras, que sirven para mejorar las prácticas.

2.6.2. Impactos de las inundaciones y sequías en los medios de vida los cocamas (Perú)

2.6.2.1. Resumen del caso

El incremento en las fluctuaciones climáticas en la Amazonia ha traído múltiples complicaciones al pueblo Cocama, en Perú. Las sequías disminuyen la cantidad y calidad de peces, y las inundaciones merman la cantidad de animales salvajes para cazar. Producto de ello, los cocamas han priorizado la actividad pesquera, que les significa más horas de trabajo dada la escasez de peces. Aún se desconocen los efectos que los cambios ecosistémicos pueden tener en el mediano y largo plazo. El presente caso está basado en Bodmer *et ál.* (2017).

2.6.2.2. Introducción a la problemática del caso

El incremento de la frecuencia, intensidad y duración de las fluctuaciones climáticas en los bosques inundables de la Amazonia peruana ha afectado al pueblo de los cocamas y sus medios de vida. En esta zona se ha presentado una sequía severa seguida por continuas inundaciones. La disminución de la disponibilidad de alimentos centrales en la dieta, como carne, cultivos y peces, afecta directamente a su seguridad alimentaria (Bodmer *et ál.,* 2017).

2.6.2.3. Descripción del caso

La estacionalidad de la Amazonia occidental se caracteriza por ríos que alternan periodos de niveles altos (diciembre-junio) con otros de niveles bajos (julio-noviembre). Los cocamas han ajustado su modo de vida a esta estacionalidad cazando en la época de niveles altos porque los animales terrestres estaban restringidos a las tierras secas y pescando con niveles bajos, concentrándose en los peces de los ríos, lagos y canales (Bodmer *et ál.,* 2017). Sin embargo, estos ciclos se han prolongado, intensificado y agudizado, presentando épocas de niveles muy altos (2009 y 2011-2014) y muy bajos (2010); el río Amazonas registró su menor nivel, desde 1970, en 2010 y su mayor inundación en el 2012 (Espinoza *et ál.,* 2013).

Los efectos de estas fluctuaciones se observaron en el río Samiria, donde, después del 2007, la población de peces aumentó hasta 2,44 kg/red, disminuyendo en la sequía del 2010 hasta 1,17 kg/red, siendo más aguda en los pequeños cuerpos de agua con una mortalidad mayor entre los peces de mayor tamaño (p. ej., *Astronotus ocellatus, Liposarcus pardalis, Pygocentrus natterery, Serrasalmus rhombeus*). La disminución de peces influyó en la menor cantidad de aves (i. e., *Phalacrocorax brasilianus, Ardea alba*) observada y la población de delfines rosados se vio afectada con esta sequía, con una disminución del 47 % en los meses más secos (septiembre y octubre) y una tasa 1,02 individuos/km^2 en el 2011. Por su parte, los altos niveles de los ríos en 2012 y 2013 permitieron que las poblaciones de peces se recuperaran hasta 2,20 kg/red, y mejoraron con tasas de 2,62 individuos/km y 2,68 individuos/km en 2012 y 2013, respectivamente (Bodmer *et ál.,* 2017).

Las inundaciones prolongadas —que se agudizan en los años que se presenta La Niña— también impactan en la fauna terrestre del bosque inundable. Las poblaciones de ungulados, roedores terrestres y de desdentados tuvieron alta mortalidad y llegaron a los niveles más bajos reportados. La densidad de los mamíferos terrestres pasó de 15,6-12,5 individuos/km^2 (2000-2008) a 6,8 individuos/km^2 (2009) y 0,3 individuos/km^2 (2014). Las inundaciones han afectado severamente al jabalí de labios blancos (*Pecari tajacu*); su densidad en la cuenca del río Samiria pasó de 10,5 individuos/km^2 (2000) a 3,64 individuos/km^2 (2009), 0,59 individuos/km^2 (2011) y no fue visto en los años 2012, 2013 ni 2014 (Bodmer *et ál.,* 2017).

La sequía empobrece la calidad del agua al aumentar su estanqueidad, por la putrefacción de los peces muertos y por la proliferación de algas, lo que tiene un efecto negativo en la salud humana. El incremento de la mortalidad de los peces y la disminución de su tamaño hacen que los cocamas tengan que pescar más peces, y durante más horas, para obtener el mismo peso de alimento que en años anteriores, lo que compromete la sostenibilidad de la actividad pesquera a pequeña escala.

Por otro lado, las continuas inundaciones disminuyen el área de territorio seco, lo que afecta directamente a la seguridad alimentaria de los cocamas al destruir sus cultivos y disminuir la disponibilidad de carne silvestre. Las inundaciones dañan significativamente los cultivos perennes (p. ej., plátano). Asimismo, la fauna silvestre terrestre se concentra en los terrenos elevados. Inicialmente, esta concentración facilitó la cacería y estimuló la sobrecaza, lo que llevó a la merma de la población animal. La menor presencia de venado, jabalí y grandes roedores incrementó la dificultad de la caza a la vez que disminuyó su productividad. Consecuentemente, se incrementó el tiempo para cazar, el mismo que deja de ser usado en otras actividades. La merma de la productividad de la caza disminuyó la carne silvestre disponible en el hogar, lo que aumentó la inseguridad alimentaria (Bodmer *et ál.,* 2017). Los cocamas han respondido al declive de la caza con un paulatino aumento de la pesca cuando los ríos tienen niveles altos. Esta intensificación en periodos en que los peces están más dispersos y son más escasos ha llevado a la prolongación de las jornadas de pesca para cubrir la necesidad de los hogares.

2.6.2.4. Limitaciones e interacciones

Las continuas inundaciones causan el rebalse de las áreas que contenían petróleo de derrames que se vierte en los ríos contaminando las fuentes de agua y los ecosistemas acuáticos. La disminución de los mamíferos terrestres resulta en

un cambio de la biodiversidad en este ecosistema, siendo probable que esta disminución tenga efectos en otras especies animales y vegetales en la medida en que se alteren las funciones que antes cumplían los mamíferos. La mayor presión sobre la pesca por la disminución de la caza es una respuesta que parece estar funcionando en el corto plazo. Sin embargo, disminuye el portafolio de actividades productivas de los cocamas incrementando su vulnerabilidad frente a la agudización del ciclo hidrológico. Adicionalmente, si esta presión es continua y desregulada, puede llevar a la sobreexplotación de peces y su posterior escasez, e incluso a la extinción de algunas especies.

2.6.2.5. Lecciones identificadas

La intensificación de la frecuencia y magnitud tanto de sequías como de inundaciones ha impactado en múltiples dimensiones de la vida de los cocamas: la salud, la seguridad alimentaria, la organización del tiempo y la composición de especies animales y vegetales de los que dependen. Los cocamas han respondido a los efectos del cambio y la variabilidad climática disminuyendo la caza y aumentando la intensidad de la pesca. Esta transición incrementa su vulnerabilidad al disminuir la diversidad de actividades productivas y concentrarse en la pesca, que es altamente sensible a sequías e inundaciones. Adicionalmente, se compromete la sostenibilidad del ecosistema acuático.

2.6.3. Transversalización de la perspectiva de género en las políticas de cambio climático en México

2.6.3.1. Resumen del caso

El presente caso da cuenta del trabajo realizado por el PNUD en conjunto con la Alianza México para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación del Bosque (MREDD+) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) para apoyar el proceso de transversalización de la perspectiva de género en el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC) de México. Este implicó el análisis del marco legal y programático vinculado con el género y cambio climático; la presentación de una propuesta de criterios de género en las líneas de acción sectoriales de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), y la realización de talleres de consulta, reuniones de trabajo y videoconferencias sobre género y cambio climático para todas las delegaciones de la Secretaría de Medio Ambiente (SEMARNAT) (2013). Como resultado de este trabajo, el PECC incorporó ocho líneas de acción que promueven la igualdad de género. El objetivo de presentar este caso es contribuir con ideas claves, a partir de las lecciones aprendidas que se relatan, para llevar a cabo procesos similares, que busquen integrar la igualdad de género y el cambio climático. El presente caso está basado en Castañeda *et ál.* (2014).

2.6.3.2. Introducción a la problemática del caso

El cambio climático es uno de los problemas globales más urgentes que debemos enfrentar actualmente. Sus impactos son cada vez más visibles e influyentes en el desarrollo humano y no nos afectan a todos por igual: hay grupos que están siendo y serán mayormente vulnerables al mismo, como las mujeres. Estas, debido a los roles de género asignados histórica y socialmente, y a la división sexual del trabajo, sufren impactos diferentes y han desarrollado otras capacidades y recursos para enfrentarlos (PNUD, 2009; FAO, 2010). Las mujeres son las principales responsables de las tareas de cuidado y crianza, mientras los hombres generalmente desarrollan trabajos asalariados o actividades agrícolas, dinámicas que han implicado un acceso desigual a recursos tanto materiales como de conocimientos; una menor participación de las mujeres en los espacios públicos y procesos de toma de decisiones, y un menor estatus social y movilidad de las mujeres *(ibíd.).* Esto se ha traducido en que los impactos del cambio climático afecten principalmente a las mujeres. Por ejemplo, generalmente ellas enfrentan problemas relacionados con el incremento de enfermedades causadas por el aumento de temperaturas, lluvias y epidemias, con problemas de acceso al agua, con crecientes dificultades de provisión de alimentos; además, en situaciones de desastres naturales, la mayoría de las víctimas suelen ser mujeres debido a su reducida movilidad y su rol de cuidadoras (IOM, 2008; Gell, 2010). Por lo tanto, fomentar la participación de las mujeres en el enfrentamiento del cambio climático en cuanto a su rol en el acceso, uso, control y manejo de los recursos naturales, siendo protagonistas en la toma de decisiones para disminuir su vulnerabilidad, es indispensable para que tenga éxito. Por eso muchos países a nivel mundial trabajan en definir políticas de adaptación y mitigación del cambio climático, y algunos, como México, Perú y Paraguay, están siendo pioneros en integrar una perspectiva de género en sus planes y programas (Castañeda *et ál.,* 2014).

2.6.3.3. Descripción del caso

México ha avanzado estos últimos años en el diseño y consolidación de instrumentos jurídicos y de política pública en materia de igualdad de género. De hecho, su Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 mandata la inclusión de la perspectiva de género como una de las tres líneas transversales que deben contener todos los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales.

Particularmente en temas de cambio climático, su marco normativo nacional se encontraba fortalecido con la Ley General de Cambio Climático (LLGCC), la Ley de Planeación (LP) y la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria (LFPRH). Otros instrumentos de política climática con los que cuenta México es el PROIGUALDAD, programa nacional que incluye estrategias y líneas de acción vinculadas al medio ambiente, el desarrollo sostenible y el cambio climático; la Estrategia

Nacional de Cambio Climático (ENCC), y la Quinta Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC. Además, México ha signado todos los acuerdos internacionales derivados de las últimas Conferencias de las Partes, asumiendo un liderazgo importante en el tema de género. Cabe señalar también que, para posicionar las temáticas de género y cambio climático, se han llevado a cabo procesos de participación ciudadana (foros, declaraciones públicas, talleres de formación, consultas ciudadanas, reuniones de análisis de documentos de política pública) por parte de organizaciones de la sociedad civil e incluso por el mismo Gobierno, donde se ha debatido sobre equidad de género, cambio climático, desarrollo sostenible, manejo de recursos naturales, entre otros temas, lo que permitió generar importantes insumos para la elaboración del PECC.

El caso presentado (Castañeda *et ál.,* 2014) es un ejemplo de transversalización de la perspectiva de género en planes y programas sobre cambio climático. Se aborda el caso de México, donde el PNUD, junto con la Alianza MREDD+ y UICN, apoyó la realización del PECC mediante asesorías para la transversalización de género, esto es, garantizar la incorporación de la perspectiva de género en el programa para valorar las implicaciones que tienen, para mujeres y hombres, las acciones que se programen. Para lograrlo, se alinearon las propuestas de acciones nacionales (PND 2013-2018 y otras) con los compromisos internacionales sobre género y cambio climático firmados por México y se trabajó muy cercanamente con diferentes actores sociales, como el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el Instituto Nacional de Mujeres (INMUJERES), organizaciones de la sociedad civil y organismos internacionales. Este proceso fue sistematizado por el PNUD para identificar buenas prácticas y lecciones aprendidas que puedan servir de referente en procesos similares. Para profundizar sobre la institucionalización de la perspectiva de género, se trabajó con la propuesta de Levy (1999), que contempla cuatro dimensiones de análisis: esfera política (compromiso y voluntad política, marco normativo en género y en cambio climático); esfera programática (programas e instrumentos de política pública que se vinculan con cambio climático y género); esfera institucional (capacidades técnicas, recursos presupuestarios y nivel de avance de la institucionalización de la perspectiva de género), y esfera de participación ciudadana (cómo la ciudadanía incide en el proceso) (Castañeda *et ál.,* 2014).

El proceso de transversalización se realizó en cuatro etapas: análisis de la situación (identificación del marco normativo nacional e internacional y del marco programático nacional; análisis de instrumentos de política pública y diagnóstico sobre género y cambio climático); establecimiento de una plataforma de conocimiento (videoconferencias y talleres sobre género y cambio climático para la SEMARNAT); captura de diversas voces (entrevistas con diversos actores sociales), y establecimiento de prioridades y adopción de medidas (definición de criterios y propuestas para incorporar género en los objetivos, estrategias y líneas de acción del PECC). Teniendo en cuenta esto, la SEMARNAT formuló fichas que contenían propuestas de líneas de acción asociadas a los distintos sectores, las cuales fueron revisadas por el PNUD para incorporar criterios de género; luego, las propuestas fueron presentadas a distintos actores sociales para su validación y se elaboró la propuesta final para estrategias y líneas de acción del PECC. Como resultado del proceso, la versión final del PECC incluye una sección sobre género y cambio climático; 8 líneas de acción específicas con enfoque de género; 11 estrategias y 35 líneas de acción correspondientes, así como una actividad complementaria, lo que, si bien es inferior a lo propuesto inicialmente, es un gran avance en transversalización de género en políticas de cambio climático.

2.6.3.4. Limitaciones e interacciones

A pesar de la voluntad política de la SEMARNAT y de los fundamentos legales y programáticos para lograr la transversalidad de género en las políticas públicas de cambio climático, en la práctica aparecen obstáculos y retos, como un débil nivel de institucionalización de la perspectiva de género, expresado en la falta de capacidades técnicas del personal. Además del desconocimiento por parte del sector público, no existe una apropiación de estas temáticas por parte de la ciudadanía que demande implementación efectiva.

2.6.3.5. Lecciones identificadas

Antes de iniciar un proceso de transversalización de la perspectiva de género en las políticas públicas de cambio climático, es necesario asegurar la participación plena y efectiva de las instancias o mecanismos nacionales e internacionales de la mujer y de la igualdad de género, así como trabajar en asociación con otros actores sociales para que los instrumentos y compromisos internacionales se armonicen con las políticas elaboradas. La participación de las organizaciones de la sociedad civil, de la academia y de la ciudadanía en general es fundamental para posicionar agendas en las políticas públicas.

Es importante aprovechar la coyuntura e identificar oportunidades para transversalizar género en planes y programas sobre cambio climático, así como conocer las directrices para formular las políticas públicas, en términos de plazo, diseño y negociación de estas. Todo esto permite incidir más asertivamente.

Se debe definir el alcance de la intervención, y contar con una propuesta conceptual y metodológica al inicio de esta permite presentar y consensuar la propuesta con las contrapartes involucradas.

2.7. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

Como resultado del análisis expuesto en el presente capítulo, se lograron determinar vacíos y necesidades futuras

que actúan de manera transversal, como las que se presentan con mayor fuerza en algunos aspectos específicos. Respecto de las necesidades transversales, emergen como centrales aquellas relacionadas con la falta de información y datos, y su documentación, que todos ellos sean de buena calidad, que estén disponibles y que se generen de manera oportuna y periódica. Lo anterior afecta a la capacidad para determinar el riesgo y la vulnerabilidad, implementar actividades de adaptación planificada, autónoma o integrada con las de mitigación, y medir su efectividad y monitorearlas. En relación con lo anterior, hace falta una mayor cantidad de estudios y la sistematización de estos para permitir un aprendizaje y también servir de insumo de las políticas públicas. No es posible seguir avanzando en el enfrentamiento al cambio climático si no aprendemos tanto de los casos exitosos y sus factores de éxito como de los errores. La necesidad de aumentar la cantidad de estudios está relacionada también con dar un énfasis a la diferenciación de las poblaciones más vulnerables, como son, por ejemplo, las mujeres, las personas en situación de pobreza y los pueblos indígenas. Por otro lado, la poca valorización e integración de tipos de conocimientos que van más allá del científico, particularmente, el reconocimiento de los conocimientos locales y ancestrales, constituye un vacío que debe ser atendido. De forma similar, se determinó la relevancia de realizar estudios que no solo describan, por ejemplo, la vulnerabilidad y la efectividad de la adaptación, sino que también ahonden en los procesos y las causas de por qué y cómo se fortalece o debilita la efectividad de la adaptación y la vulnerabilidad. Por último, aunque se advierte una creciente preocupación por la temática del cambio climático y un avance en el ámbito de la política pública relacionado con este, aún falta un largo camino por recorrer en cuanto a asignarle prioridad como tema urgente a abordar debido principalmente al dinamismo y a los altos niveles de incertidumbre que caracterizan a este fenómeno. Esta prioridad podría concretarse, por ejemplo, a través de la asignación sostenida e incremental de recursos humanos y económicos. En los siguientes párrafos nos referimos a las principales lagunas y necesidades futuras, que presentan aspectos específicos tratados en el presente capítulo.

Respecto de la gobernanza, la literatura evidencia un predominio de casos anglosajones sobre los latinoamericanos. Por eso, es fundamental avanzar en la sistematización y evaluación de los modelos de gobernanza que se están desarrollando en la actualidad en la región latinoamericana, así como reforzar el desarrollo de modelos teóricos, prácticos y métodos apropiados para la realidad de esta región.

Específicamente, para el caso de los riesgos e impactos asociados con el cambio climático, las manifestaciones de la expansión del capitalismo —por ejemplo, la globalización, la reconcentración de la tierra, la disminución del Estado, el financiamiento de la vida cotidiana— interactúan con el cambio climático. Sin embargo, el análisis de los impactos, riesgos y efectos sinérgicos de esta interacción es aún inicial, subfinanciado y poco promovido. Otro aspecto relacionado con los vacíos que se presentan con respecto al riesgo es el escaso valor que se da a los conocimientos locales y al potencial de su complementariedad con los conocimientos científicos para generar pronósticos climáticos más robustos, de mayor resolución espacial y con distintos alcances temporales.

Desde la dimensión de la vulnerabilidad de género al cambio climático, una necesidad futura es llevar a cabo una mayor cantidad de estudios y análisis de fragilidad ante el cambio climático, ya que existe una buena cobertura sobre las zonas altoandinas, las comunidades de los páramos y aquellas poblaciones que habitan los bosques amazónicos, entre otros, pero se cuenta con menos información fuera de la Amazonia de Brasil, de los bosques tropicales y, en general, de los países del Cono Sur. Por otro lado, aunque hay estudios de casos en Centroamérica, existe relativamente menos información del Caribe. Otro vacío relevante en cuanto al potencial de contribución que emerge de los estudios y evaluaciones de la vulnerabilidad de género es que, a pesar de que se cuenta con esta información, no siempre es considerada para la formulación y la ejecución de estrategias y prácticas de adaptación, excluyendo muchas iniciativas específicas para direccionar a los problemas de poder, inequidad, baja participación y la voz de mujeres en la toma de decisiones respecto al cambio climático.

En materia de vulnerabilidad a los impactos del cambio climático en el caso de los pueblos indígenas, hay dos factores donde se observan vacíos de información: migración y desplazamiento, como consecuencia de su extrema fragilidad y exposición al cambio climático, la desigualdad de género, que impacta de modo diferenciado en las mujeres indígenas, especialmente cuando se ven obligadas a abandonar sus territorios de origen y trasladarse a otros lugares. Existe consenso en que la migración o desplazamiento torna a los pueblos indígenas y sus miembros más vulnerables a la discriminación, la explotación y los peligros ambientales en los nuevos territorios de asentamiento, lo que, a su vez, implica la pérdida de sus actividades económicas, sociales y culturales, de los medios de subsistencia, tradicionales y no tradicionales, y al mismo tiempo de sus conocimientos tradicionales, poniendo en riesgo sus estrategias de adaptación al cambio climático. En este escenario, resulta recomendable profundizar en los estudios sobre vulnerabilidad de los pueblos indígenas que han migrado por efecto del cambio climático con especial atención al enfoque de género.

En cuanto a las actividades de adaptación autónoma, estas emergen cada vez con mayor fuerza desde el nivel local. Sin embargo, los estudios y evaluaciones acerca de las mismas no han sido lo suficientemente oportunos, ni han cubierto la gama de diversos tipos que se implementan siguiendo distintos objetivos. Por ello es fundamental avanzar en el registro, sistematización y evaluación de experiencias de prácticas de adaptación que están siendo implementadas en la región, en particular considerando los variados contextos que se presentan en los países de Iberoamérica.

Al abordar la temática de interacciones entre mitigación y adaptación al cambio climático, es necesario ampliar la investigación en este ámbito, particularmente respecto de las temáticas de género, pueblos indígenas y pobreza, pues son precisamente estas poblaciones las identificadas como más vulnerables ante los impactos del cambio climático en las regiones incluidas en este informe. Es especialmente relevante profundizar en las estrategias de adaptación locales de estas poblaciones y cómo interactúan con la mitigación, lo que además conlleva al surgimiento de cobeneficios, como fomentar el reconocimiento y uso del conocimiento local, así como incorporar activamente a las poblaciones en el enfrentamiento del cambio climático. También es importante sistematizar las intervenciones que se estén realizando, fomentar la difusión y publicación de estos registros y reflexionar sobre los beneficios sociales y ecosistémicos que producen y sobre cómo esto se transforma en un insumo para las políticas públicas.

Por último, si bien se cuenta con medidas e indicadores en los países RIOCC que han sido utilizados para evaluar la efectividad de las acciones de adaptación, se tiene que evidenciar que la identificación de los mismos no resulta sencilla, y la dificultad se incrementa al ubicar propuestas que consideran como elementos centrales la pobreza, el género y los pueblos indígenas. Por lo tanto, un vacío relevante es la realización de estudios que compilen y analicen medidas e indicadores de adaptación en los países RIOCC. Otro vacío que se evidencia está referido directamente a la obtención de datos e información requerida para la utilización permanente de las medidas e indicadores. Hay que recordar que su selección y aplicación dependen principalmente de la disponibilidad de datos que permitan monitorearlos a largo plazo y el costo de adquisición. Aquí se plantea una doble necesidad: por una parte, desarrollar este tipo de propuestas y, por otra, contar con financiamiento para ello. A pesar de que se dispone de algunas medidas e indicadores desagregados por género, pobreza o pueblos indígenas, estos no son suficientes para visibilizar adecuadamente la importancia que tienen estos aspectos en los procesos de adaptación.

2.8. Conclusiones

Existe un notorio desequilibrio a favor de la valoración y atención a aspectos biofísicos, de infraestructura o ecosistémicos sobre los de carácter social, ya sea para lo relacionado con la vulnerabilidad como para lo conectado con la capacidad adaptativa e implementación de la adaptación. En cuanto a los aspectos de carácter social, se destaca la importancia de reforzar las dimensiones de género, pobreza y pueblos indígenas, que en general no están siendo consideradas suficientemente, a pesar de que estos grupos presentan problemáticas en los países de la RIOCC.

Debido a la complejidad y altos niveles de incertidumbre asociados con el cambio climático, la transdisciplina emerge como una aproximación útil en cuanto no solo integra las distintas disciplinas del conocimiento científico, sino también considera otros tipos de saberes, como el local y el ancestral, para lograr definir problemas y soluciones integrales que no se podrían alcanzar si estos conocimientos se utilizaran por separado.

Uno de los principales desafíos de los países de la RIOCC es el relacionado con la gobernanza, donde no existe suficiente consideración de todos los actores relevantes, más allá de las organizaciones de gobierno, con énfasis en el nivel local, ya que es la comunidad la que está en la primera línea de sufrir los impactos del cambio climático y responder a ellos. Se trata de construir modelos de gobernanza con los cuales los distintos actores tengan la capacidad de influir en la resolución de las problemáticas relacionadas con el cambio climático, considerando el aprendizaje que emerge de las experiencias que ya están en desarrollo en la región.

En cuanto a los riesgos en Iberoamérica, estos abarcan el incremento de la temperatura, la alteración de los patrones de precipitación, y el derretimiento de glaciares y contracción de la criosfera, pero también la creciente severidad y frecuencia de eventos extremos, por ejemplo, olas de calor y de frío, inundaciones, sequías, tormentas tropicales. Estos riesgos se traducen en impactos negativos, como por ejemplo, inseguridad alimentaria, disminución de la productividad agropecuaria y de la disponibilidad y acceso al recurso hídrico, incremento de la precariedad de los medios de vida, aumento en la mortalidad y malnutrición de la población, así como degradación del suelo, entre otros. Estos riesgos e impactos son más agudos, perniciosos y reiterados sobre las poblaciones sociopolíticamente marginadas, como los pobres, las mujeres y los pueblos indígenas.

Existe una relativa ceguera de género en el estudio de la vulnerabilidad al cambio climático, así como en el diseño e implementación de la adaptación y en el fortalecimiento de la capacidad adaptativa y la resiliencia de las mujeres. La importancia de dar atención a las problemáticas asociadas al género radica en una multiplicidad de factores que, en general, afectan negativamente a las mujeres de manera diferenciada y que se presenta en mayor o menor medida en los países de la región. Entre estos factores se incluyen la responsabilidad del trabajo doméstico no remunerado y del cuidado de niños y adultos mayores, así como la distribución inequitativa de recursos, derechos y poder, entre otras. Por último, los gobiernos de la región, cuando han incluido la vulnerabilidad social en sus políticas, muchas veces se han basado en estadísticas sociales agregadas que oscurecen las diferencias de género.

La vulnerabilidad diferenciada a las consecuencias del cambio climático de los pueblos originarios radica fundamentalmente en su especial relación, material y espiritual, con el medio ambiente y los recursos naturales que configuran el hábitat donde se reproduce su cultura, se desarrollan sus estructuras productivas y sus sistemas de creencias y valores. Para los países de Latinoamérica, el cambio climático amenaza su existencia como pueblos, dificultándoles perpetuar sus culturas.

En los últimos años se ha avanzado considerablemente en la implementación de políticas de adaptación planificada; sin embargo, no se cuenta con el suficiente análisis sobre la efectividad de su implementación. Por otro lado, las acciones de adaptación autónomas aparecen como una respuesta al cambio climático de comunidades principalmente campesinas e indígenas, que, en un contexto donde prevalece la desigualdad y la pobreza, se ven forzadas a actuar para disminuir los impactos del cambio climático debido a la falta de apoyo estatal y con un enfoque más preventivo, por lo que es importante fortalecer las acciones de adaptación autónomas. Por otro lado, se hace necesario desarrollar o profundizar sistemas de gobernanza en cuyas decisiones las comunidades, sobre todo los grupos más vulnerables, tengan una mayor influencia y que permitan la integración de sus saberes locales y tradicionales con el conocimiento científico y técnico.

No cabe duda de que en los países de la RIOCC se está avanzando en integrar la adaptación con la mitigación en las políticas de cambio climático. No obstante, estos esfuerzos aún son incipientes, por lo que hay un gran potencial para integrar ambos tipos de medidas. En general, existen más esfuerzos en la integración de la adaptación con la mitigación a través de medidas relacionadas con la infraestructura, sistemas naturales y biodiversidad que en medidas relacionadas con la dimensión social.

En América Latina y en la Península Ibérica se identificaron una gama limitada de indicadores e índices desarrollados por los gobiernos o la academia que permitan evaluar la efectividad de las acciones de adaptación. Algunos de ellos toman en cuenta aspectos sociales, pero muy pocos contemplan las dimensiones de pobreza, género y pueblos originarios como elementos centrales. Por otra parte, la contribución de estos indicadores para la priorización de las acciones de adaptación y el apoyo en la toma de decisiones ha sido débil. Por ello es recomendable que tanto los organismos internacionales interesados en el cambio climático como los gobiernos otorguen financiamiento para la recolección de datos e información requerida para la utilización de indicadores e índices, sin olvidar la consideración del género, la pobreza y los pueblos indígenas.

Por último, un aspecto a subrayar es la transformación entendida como profundos cambios en las estructuras sociales. Esta se hace absolutamente necesaria cuando la adaptación incremental llega a sus límites para hacerse cargo de los impactos del cambio climático de mayor magnitud, complejidad e incertidumbre, por lo que se recomienda determinar estos límites y diseñar medidas de transformación que complementen a la adaptación sin competir con ella.

Preguntas frecuentes

1. ¿Existen experiencias exitosas sobre gobernanza climática en Iberoamérica?

En general, los casos de estudio ofrecen distintas evaluaciones de iniciativas relacionadas directa o indirectamente con la gobernanza climática, dando como resultado de estas evaluaciones que existen pocos casos exitosos. La literatura sugiere que es a nivel de ciudades y gobiernos locales donde se están realizando mayores esfuerzos en esta línea, pero aún hay mucho camino que recorrer, en particular en cuanto a sistematizaciones y evaluaciones de experiencias a gran escala.

2. Cuando ocurren eventos extremos, como inundaciones o deslizamientos, que han aumentado y seguirán aumentando en frecuencia y magnitud, ¿por qué la gente decide vivir en lugares expuestos a esos peligros?

Los pobres no deciden asentarse en esos lugares, sino que son desplazados por procesos sociales y económicos hacia estas zonas más propensas a desastres, en donde se encuentran en una situación precaria, con escasos servicios, por carecer de activos y de derechos. De forma similar, los indígenas han sido desplazados, mediante políticas o acciones violentas, de sus territorios tradicionales —expuestos a menos amenazas, las cuales conocían y gestionaban— hacia zonas más expuestas a los eventos extremos y alejadas de sus medios de vida, lo que incrementa su vulnerabilidad.

3. ¿Cuáles son las características de la vulnerabilidad en los países de la RIOCC?

No existe una sola vulnerabilidad. La vulnerabilidad de los ecosistemas, de la infraestructura y de la producción de las poblaciones urbanas es diferente de la de las zonas rurales, de la de los indígenas y de la de los afrodescendientes. Como todo tipo de vulnerabilidad está relacionada con la exposición a algún tipo de amenaza o peligro y con la capacidad de prever y recuperarse de los eventos adversos y sus impactos, hoy día se hace imprescindible analizar los procesos económicos y culturales para comprender por qué algunos grupos humanos son más vulnerables (y vulnerados) que otros, así como el papel que la gobernanza de los territorios ejerce sobre estas vulnerabilidades diferenciales.

4. ¿Por qué los pueblos indígenas son especialmente vulnerables al cambio climático, lo que les afecta de un modo más agravado que a otros sectores de la población, incluido los más pobres?

Esto se debe a que los pueblos indígenas comparten factores de riesgo al cambio climático que, en general, no están presentes en ningún otro grupo o por lo menos no lo están en forma conjunta y que son los siguientes: pobreza y desigualdad; erosión de los medios de vida basados en recursos naturales, lugares de residencia en zonas geográficas expuestas al cambio climático; migración y desplazamientos forzados; desigualdad de género; falta de reconocimiento, derechos, apoyo institucional e inclusión en las políticas públicas; fragilidad demográfica, y pérdida de identidad cultural,

en particular de los pueblos indígenas no contactados o en aislamiento voluntario.

5. ¿Cuánto hemos avanzado en la implementación de las medidas de adaptación autónoma?

La evidencia sugiere que se están desarrollando prácticas de adaptación para enfrentar el cambio climático de manera creciente en la región, dadas las condiciones sociales y ambientales actuales. Estas acciones están preferentemente relacionadas con la escasez hídrica y la actividad agropecuaria y son desarrolladas principalmente por poblaciones campesinas e indígenas como estrategias o prácticas en las que cohabitan saberes tradicionales y el uso de nuevas tecnologías cuando estas están disponibles. Sin embargo, se requieren nuevos estudios, sistematizaciones y evaluaciones para poder dimensionar el alcance de estas acciones y el avance local y regional de la adaptación.

6. ¿Cómo avanzar en implementar medidas de adaptación y mitigación que interactúen entre sí?

Un aspecto central es tener claro el objetivo y alcance de cada medida. La mitigación busca principalmente reducir o compensar las emisiones de gases de efecto invernadero y actúa a nivel global; además, sus beneficios no se verán más que a largo plazo. La adaptación busca crear ajustes en las poblaciones para reducir los impactos del cambio climático, tiene fundamentalmente un alcance local y sus efectos pueden verse inmediatamente. Si bien ambas medidas tienen enfoques diferentes, son complementarias, y, por ende, es relevante buscar formas de integrarlas. Esto puede hacerse mediante una planificación cautelosa de las políticas públicas que se desarrollarán por sector que tenga claro cuáles son los efectos sinérgicos que se producen entre ambas medidas en una región o localidad determinada y así pueda equilibrar las ventajas y desventajas de cada medida para evitar la mala adaptación. Para ello es necesario contar con más evidencia científica sobre estas interacciones. Ya se ha documentado que existen oportunidades para las sinergias en algunos sectores (como la agricultura, la infraestructura urbana, la conservación de bosques), pero falta información conceptual y empírica que considere otras áreas y dimensiones de acción. Crear sinergias entre adaptación y mitigación aumentará la eficacia de las acciones, por lo que es primordial enfocar los esfuerzos técnicos, políticos, sociales y científicos en promover este enfoque.

7. ¿Qué retos se deben enfrentar para contar con medidas e indicadores que permitan evaluar integralmente la efectividad de las acciones de adaptación?

Se plantean varios retos que son necesarios superar. Algunos de ellos deben ser enfrentados principalmente por los gobiernos y otros, por los interesados en el diseño de las medidas e indicadores. En relación con aquellos que son de incumbencia gubernamental destacan los siguientes: contar con datos e información que permitan monitorear a largo plazo las medidas e indicadores, y así utilizarlos permanente; disponer de una gama amplia de medidas e indicadores que valoren la efectividad de las acciones implementadas tanto por el sector gubernamental como por las propias poblaciones, y financiar estudios orientados al desarrollo y utilización de medidas e indicadores que permitan evaluar la efectividad de las acciones de adaptación. Con respecto a los desafíos que deben ser superados por los que planifican las medidas, destacan los siguientes: plantear indicadores que contemplen variables importantes para la efectividad de las acciones de adaptación, como la pobreza, el género y los pueblos indígenas (los indicadores que son desagregados por estos aspectos no son suficientes para visibilizar adecuadamente la influencia que tienen en dicha efectividad); dar a conocer claramente las metodologías utilizadas para el diseño y utilización de las medidas e indicadores; hacer uso de las medidas e indicadores para evaluar acciones de adaptación en diferentes niveles y sectores, y contar con un mayor interés en desarrollar medidas que permitan cuantificar la efectividad prevista y real de las acciones de adaptación (medidas que puedan valorar en qué grado las acciones conducen a los resultados esperados).

Bibliografía

AECID, 2018: *Lecciones Aprendidas para Contribuir a la Seguridad Alimentaria y al Derecho a la Alimentación en América Latina y el Caribe*. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Madrid, España, 95 pp.

Agrawal, A. y M.C. Lemos, 2015: Adaptative development. *Nat. Clim. Change,* 5, 185-187.

Aldunce, P., D. Araya, R. Sapiains, I. Ramos-Salgado, G. Lillo-Ortega, A. Urquiza y R. Garreaud R., 2017: Local perception of drought impacts in a changing climate: The Mega-drought in central Chile. *Sustain.* 9, 2053.

Aldunce, P., D. Araya, G. Lillo, P. Maldonado e I. Ramos, 2016: *Informe de Devolución Resultados Prácticas de Adaptación al Cambio Climático. Primera parte: Sequía*. Centro de Ciencias del Clima y la Resiliencia CR2, Santiago, Chile, 16 pp.

Aldunce, P. y P. Debels, 2008: Diseño y descripción del Índice de utilidad de prácticas de adaptación-IUPA. En: *Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático* [Aldunce, P., C. Neri y C. Szlafsztein (eds.)]. Editorial NUMA/UFPA, Belém, Brasil, pp. 73-85.

Aldunce, P., C. Neri y P. Debels, 2008: Aplicación del índice de utilidad de prácticas de adaptación en la evaluación de dos casos de estudio en América Latina. En: *Hacia la Evaluación de Prácticas de Adaptación ante la Variabilidad y el Cambio Climático* [Aldunce, P., C. Neri y C. Szlafsztein (eds.)]. Editorial NUMA/UFPA, Belém, Brasil, pp. 87-105.

Alfaro, W. y L. Rivera, 2008: *Cambio Climático en Mesoamérica: Temas para la Creación de Capacidades y la Reducción de la Vulnerabilidad.* Fundación Futuro Latinoamericano, Quito, Ecuador, 39 pp.

Almagro, O., I. Rodríguez, E. Márquez, A. Echevarría y R. Leal, 2017: Medidas afirmativas de género para la adaptación al cambio climático en tres municipios de Cuba. *IAgric,* 7, 31-36.

Amigo-Jorquera, C., M.J. Guerrero-González, J. Sannazzaro y A. Urquiza-Gómez, 2019: Does energy poverty have a female face in Chile? *Tapuya,* 2, 1-13.

Andersen, L.E., D. Verner y M. Wiebelt, 2017: Gender and climate change in Latin America: an analysis of vulnerability, adaptation and resilience based on household surveys. *J. Int. Dev.,* 29, 857-876.

Andersen, L.E. y D. Verner, 2014: Social Impacts Of Climate Change In Bolivia: A Municipal Level Analysis Of The Effects Of Recent Climate Change On Life Expectancy, Consumption, Poverty And Inequality. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico,* 22, 49-83.

Ansell, C. y J. Torfing (eds.), 2014: *Public Innovation Through Collaboration and Design.* Routledge, Abingdon, UK, 246 pp.

Ansell, C. y J. Torfing (eds.), 2016: Epilogue: the current status and future development of governance theories. En: *Handbook on Theories of Governance.* Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, pp. 551-561.

Antentas, J.M., 2008: El Complejo del Río Madera: resistencias e impacto socioambiental. *Ecol. Polít.,* 34, 107-109.

Gobierno de Aragón, 2018: *Manual del Sistema de Indicadores Ambientales de Aragón.* Departamento de Medio Ambiente, Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático, Aragón, 266 pp.

Arana, M., 2017: *Género y Cambio Climático en América Latina: Casos de Estudio.* Alianza Clima y Desarrollo, 22 pp.

Ayala, M.d.R., V. Gutiérrez y E. Zapata, 2016: Género, cambio climático y REDD+: experiencias en el tiempo. *Terra Latinoam.,* 34, 139-153.

Aykut, S.C., 2016: Taking a wider view on climate governance: moving beyond the iceberg, the elephant, and the forest. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change,* 7, 318-328.

Barrios, J.G. y L. Descroix, 2012: Adaptación a los impactos del cambio climático en la zona semiárida mexicana. *Parcerías Estratég.,* 16, 09-22.

Barton, J.R., K. Krellenberg y J.M. Harris, 2015: Collaborative governance and the challenges of participatory climate change adaptation planning in Santiago de Chile. *Clim. Dev.,* 7, 175-184.

Batzín, R., 2019: Conocimiento indígena y cambio climático. En: *Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala* [Castellanos, E., A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero y A. Santizo (eds.)]. Editorial Universitaria UVG, Guatemala, pp. 300-329.

Bee, B., 2014: «Si no comemos tortilla, no vivimos:» women, climate change, and food security in Central Mexico. *Agr. Hum. Val.,* 31, 607-620.

Bernex, N. y M. Tejada, 2010: *Cambio Climático, Retroceso Glaciar y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.* Sociedad Geográfica de Lima, Lima, Perú, 130 pp.

Blanco, A., A. Chueca, J.A. López-Ruiz y S. Mora (eds.), 2018: *Informe España 2018*. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España, 391 pp.

Boa, M., A.M. Loboguerrero, D. Martínez y E. Rojas, 2014: *Estado del Arte en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria en Guatemala*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia, 12 pp.

Bodmer, R., T. Fang, M. Antunez, P. Puertas, K. Chota, M. Pittet, M. Kirkland, M. Walkey, C. Rios, P. Pérez-Peña, P. Mayor, J. Zegarra y E. Docherty, 2017: Impact of recent climate fluctuations on biodiversity and people in flooded forests of the Peruvian Amazon. En: *The Lima Declaration on Biodiversity and Climate Change: Contributions from Science to Policy for Sustainable Development* [L. Rodriguez e I. Anderson (eds.)]. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada, pp. 81-90.

Boege, E., 2008: *El Patrimonio Biocultural de los Pueblos Indígenas de México: Hacia la Conservación in situ de la Biodiversidad y Agrodiversidad en los Territorios Indígenas.* Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México, 344 pp.

Bonatti, M., S. Sieber, S.L. Schlindwein, M.A. Lana, A. de Vasconcelos, E. Gentile, J.P. Boulanger, M. Plencovich y T. Malheiros, 2016: Climate vulnerability and contrasting climate perceptions as an element for the development of community adaptation strategies: case studies in Southern Brazil. *Land Use Policy,* 58, 114-122.

Borsdorf, A., M. Mergili y L.A. Ortega, 2013: La reserva de la biosfera cinturón andino, Colombia, ¿una región modelo de estrategias de adaptación al cambio climático y el desarrollo regional sustentable? *Rev. Geogr. Norte Gd.,* 55, 7-18.

Brooks, N., 2003: *Vulnerability, Risk and Adaptation: A Conceptual Framework.* Tyndall Centre for Climate Change Research, UK, 20 pp.

Buechler, S., 2016: Gendered vulnerabilities and grassroots adaptation initiatives in home gardens and small orchards in Northwest Mexico. *Ambio,* 45, 322-334.

Bury, J., B. Mark, M. Carey, K. Young, J. McKenzie, M. Baraer, A. French y M. Polk, 2013: New geographies of water and climate change in Peru: coupled catural and social transformations in the Santa River Watershed. *A. Assoc. Am. Geog.,* 103, 363-374.

Buytaert, W. y B. De Bièvre, 2012. Water for cities: the impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes. *Water Resour. Res.,* 48, 1-13.

Calderon, L., I. Cristóbal y A. Gómez, 2014: *Indicadores de Género en la Reducción de Riesgo de Desastres,* ACSUR, Las Segovias, Nicaragua, 166 pp.

Campos, M., D. Herrador, C. Manuel y M. McCall, 2013: Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y El Salvador. *BAGE,* 61, 329-349.

Capela-Lourenco, T., L. Dias, V. Karadzic, T. Calheiros, S. Marreiros y S. Carvalho, 2016: *Manual Avaliação das Opções de Adaptação.* Agencia Portuguesa de Ambiente, Lisboa, Portugal, 28 pp.

Carlos-Gomez, G. y R. Moreno-Sánchez, 2015: *Capacidad de Adaptación al Cambio Climático en Comunidades Indígenas de la Amazonia Peruana.* Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Lima, Perú, 148 pp.

Casas Varez, M., 2017: *La Transversalización del Enfoque de Género en las Políticas Públicas frente al Cambio Climático en América Latina.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile, 102 pp.

Castañeda, I., B. Hernández y C. Aguilar, 2014: *Transversalización de la Perspectiva de Género en las Políticas de Cambio Climático en México. Sistematización y lecciones aprendidas.* Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, México, 98 pp.

CEPAL, 2014: *Los Pueblos Indígenas en América Latina. Avances en el Último Decenio y Retos Pendientes para la Garantía de sus Derechos.*

Síntesis. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile, 138 pp.

ClimAdaPT.Local, 2016: *Estratégias Municipais de Adaptação às Alterações Climáticas.* APA Agencia portuguesa do ambiente, Portugal. Documento visitado el 12 de marzo del 2019, http://climadapt-local.pt/emaacs/

Cole, D., 2011: From global to polycentric climate governance. *Clim. Law,* 2, 395-413.

Cole, J., 2009: *Pueblos Indígenas Afectados por Desarrollos Mineros, Petroleros y Represas en Mesoamérica, El Caso de Costa Rica: San José*. *Informe de Consultoría.* UICN, Costa Rica, 33 pp.

Conde, A.C., 2007: Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático: Descripción de un Estudio de Caso y los Retos en las Investigaciones Actuales. En: *Más allá del Cambio Climático: las Dimensiones Psicosociales del Cambio Ambiental Global* [Urbina-Soria, J. y J. Martínez-Fernández (eds.)]. Instituto Nacional de Ecología, México, pp. 157-171.

CNCCMLD, 2018: *Plan de Acción Género y Cambio Climático. República Dominicana.* Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. República Dominicana, 125 pp.

Cunningham Kain, M., D. Mairena Aráuz y M. Pacheco Sebola, 2010: *Cambio climático: Medidas de Adaptación en Comunidades de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe de Nicaragua.* Nitlapan, Managua, Nicaragua, 86 pp.

Chappell, M.J., H. Wittman, C. Bacon, B. Ferguson, L. García-Barrios, R. García-Barrios *et ál.,* 2013: Food Sovereignty: an alternative paradigm for poverty reduction and biodiversity conservation in Latin America. *F1000Research,* 2, 235.

Dávalos, C., A. Zambrano, N. Zambrano, T. Farfán, E. Swindon, M. E. Reyes y M. Moya, 2013: *Igualdad casa dentro, Marco Político Estratégico del Programa de Igualdad de Género de CARE y su Caja de herramientas.* Care Internacional, América Latina y el Caribe, Quito, Ecuador, 212 pp.

De Bièvre, B., M. Bustamante, W. Buytaert, F. Murtinho y M. Armijos, 2012: Síntesis de los Impactos de los Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos en los Andes Tropicales y las Estrategias de Adaptación Desarrolladas por los Pobladores. En: *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales* [Cuesta, F., M. Bustamante, M.T. Becerra, J. Postigo y M. Peralvo (eds.)]. CONDESAN, SGCAN, Lima, Perú, 59-101.

De Schutter, O., 2010: *Informe del Relator Especial sobre el Derecho a la Alimentación.* Naciones Unidas, Asamblea General, New York, USA, 29 pp.

Debels, P., C. Szlafsztein, P. Aldunce, C. Neri, Y. Carvajal, M. Quintero-Angel, A. Celis, A. Bezanilla y D. Martínez, 2009: IUPA: Proposal of an index for the evaluation of the general usefulness of practices for adaptation to climate change and variability. *Nat. Hazards,* 50, 211-233.

Deemer, B., J. Harrison, S. Li, J. Beaulieu, T. DelSontro, N. Barros *et ál.,* 2016: Greenhouse gas emissions from reservoir water surfaces: a new global synthesis. *Bioscience,* 66, 949-964.

Del Castillo, M., R. Guimaraes y G. Carlos, 2016: *Plan de Adaptación al Cambio Climático en la Microcuenca de Cumbaza: El Aporte de las Mujeres Indígenas Kechwa.* Asociación Interétnica de Desarrollo de la Selva Peruana, Tarapoto, Perú, 94 pp.

Díaz, B., 2013: *Cambio Climático, Agricultura y Soberanía Alimentaria: Transnacionales versus Agroecología. La transformación agroecológica de Cuba.* CLACSO, Buenos Aires, Argentina, 82 pp.

Dorsch, M.J. y C. Flachsland, 2017: A polycentric approach to global climate governance. *Glob. Environ. Politics,* 17, 45-64.

Duerto, G. y P. Jaramillo, 2017: Resumen. Informe final de consultoría para el Programa ARAUCLIMA-AECID. Proyecto *Mujeres de los Páramos.* Programa regional de adaptación al cambio climático con enfoque de género en los páramos de Colombia, Ecuador y Perú.

Echeverri, J.Á., 2009: Pueblos indígenas y cambio climático: el caso de la Amazonia colombiana. *Bull. de l'IFEA,* 38, 13-28.

Eriksen, S.E., R.J. Klein, K. Ulsrud, L.O. Næss y K. O'Brien, 2007: *Climate change Adaptation and Poverty Reduction: Key Interactions and Critical Measures.* Report prepared for the Norwegian Agency for Development Cooperation (Norad). Global Enviromental Change and Human Security, Oslo, Norway, 44 pp.

Escobar, P., 2008: El Conocimiento de las Mujeres Indígenas como Elemento Fundamental para Enfrentar el Cambio Climático. En: *Mujeres Indígenas y Cambio Climático: Perspectivas Latinoamericanas* [Ulloa, A., E. Escobar, L. Donato y P. Escobar (eds.)] UNAL-Fundación Natura de Colombia-UNODC, Bogotá, Colombia, pp. 37-42.

Espinoza, J.C., J. Ronchail, F. Frappart, W. Lavado, W. Santini y J.L. Guyot, 2013: The major floods in the amazonas river and tributaries (Western Amazon Basin) during the 1970-2012 period: A focus on the 2012 flood. *J. Hydrometeorol.,* 14, 1000-1008.

EU e IICA, 2015: *Género, Agricultura y Cambio Climático: Estado y Perspectivas desde la Institucionalidad en Latinoamérica.* IICA, San José, Costa Rica, 62 pp.

Feldt, A., 2011: *Climate Change, Human Rights, and Capabilities.* Western Political Science Association 2011, Annual Meeting Paper, USA, 24 pp.

Folland, C.K., T.R. Karl, J.R. Christy, R.A. Clarke, G.V. Gruza, J. Jouzel, M.E. Mann, J. Oerlemans, M.J. Salinger y S.W. Wang, 2001: Observed Climate Variability and Change. En: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell y C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, USA, 881 pp.

Fondo de Adaptación, 2016: Boletines *Historias de Adaptación,* Caso Uruguay. Documento consultado el 13 de marzo de 2019, https://www.adaptation-fund.org/wp-content/uploads/2016/05/AdaptationStory-Uruguay-May2016.Spanish.WEB_.pdf

Fondo de Adaptación. (2017). Boletines *Historias de Adaptación,* Caso Costa Rica. Documento consultado el 13 de marzo de 2019, https://www.adaptation-fund.org/wp-content/uploads/2017/02/AdaptationStory-CostaRica-SPAN-03.2017-WEB.pdf

FAO, 2010: *Farmers in a Changing Climate – Does Gender Matter? Food Security in Andhra Pradesh, India.* Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, 87 pp.

Forero, E.L., Y.T. Hernández y C.A. Zafra, 2014: Percepción latinoamericana de cambio climático: metodologías, herramientas y estrategias de adaptación en comunidades locales. Una revisión. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.,* 17, 73-85.

Foro Permanente sobre las Cuestiones Indígenas de las Naciones Unidas, 2008: *Conferencia sobre Pueblos Indígenas y Cambio Climático.* IWGIA, New York, USA, 8 pp.

Franchini, M., E. Viola y A.F. Barros-Platiau, 2017: The challenges of the anthropocene: from international environmental politics to global governance. *Ambiente Soc.,* 20, 177-202.

Füssel, H., 2016: *Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2012: An indicator-based report*. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, 304 pp.

Galarza, L. y S. Poats, 2013: *Diagnóstico de la dinámica de género en los territorios de implementación del Proyecto FORECCSA MAE-MAGAP-PMA.* ONU Mujeres y Corporación Randi Randi, Quito, Ecuador.

Galaz, V., F. Biermann, B. Crona, D. Loorbach, C. Folke, P. Olsson P *et ál.,* 2012: 'Planetary boundaries' - exploring the challenges for global environmental governance. *Curr. Opin. Environ. Sustain.,* 4, 80-87.

Garrett, K., G. Forbes, L. Gómez, M. Gonzáles, M. Gray, P. Skelsey y A.H. Sparks, 2013: Cambio Climático, Enfermedades de las Plantas e Insectos Plaga. En: *Cambio Climático y Adaptación en el Altiplano Boliviano* [Jiménez, E. (coord.)]. CIDES-UMSA SANREM CRSP Universidad de Missouri, Universidad Mayor de San Andrés, Fundación PROINPA, Universidad de la Cordillera, Universidad Nacional Agraria La Molina, Kansas State University, University of Connecticut, Iowa State University, Centro Internacional de la Papa, La Paz, Bolivia, pp. 71-97.

Gell, F., 2010*: Gender, Disaster Risk Reduction, and Climate Change Adaptation: A Learning Companion.* Oxfam, UK, 15pp.

Gil Cuesta, J., J. van Loenhout, M. Colaço y D. Guha-Sapir, 2017: General population knowledge about extreme heat: a cross-sectional survey in Lisbon and Madrid. *Int. J. Environ. Res. public health,* 14, 122.

Glemarec, Y., S. Qayum y M. Olshanskaya, 2016: *Leveraging Co-benefits between Gender Equality and Climate Action for Sustainable Development: Mainstreaming Gender Considerations in Climate Change Projects.* UN Women, New York, USA, 66 pp.

Gobierno de Colombia, 2015: *Ganadería Bovina Sostenible: Densificación productiva, reconversión de pasturas y devolución a la naturaleza.* Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, Bogotá, Colombia.

Gobierno de España, 2018a: *Evaluación sectorial de los Impactos,* España. Documento consultado el 12 de marzo de 2019, https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/Eval_sec_imp-eje_i.aspx

Gobierno de España, 2018b: *Sistema de Indicadores de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en España,* España. Documento consultado el 12 de marzo de 2019, https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/sis_ind_imp_vul_adp_cc_esp.aspx

Gobierno de México, 2013: *Estrategia Nacional de Cambio Climático.* Visión 20-10-40. Gobierno de la República, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, DF, México 62 pp.

Godden, N.J., 2013: Gender and Declining Fisheries in Lobitos, Peru: Beyond Pescador and Ama de casa. En: *Research, action and policy: Addressing the gendered impacts of climate change* [M. Alston y K. Whittenbury (eds.)]. UK Springer, pp. 251-263.

Gonda, N., 2014: Cambio climático: adaptarse es también buscar la igualdad de género…, y viceversa. *Rev. Enfoque,* 10, 10-15.

Grupo de Bosques, 2016: *Manual de Organización y Funcionamiento del Grupo de Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático.* Grupo de Coordinación Interinstitucional, Guatemala, 38 pp.

Gupta, J., 2016: Climate change governance: history, future, and triple-loop learning? *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change,* 7, 192-210.

Guzmán, Y., 2017: *Construyendo Resiliencia en los Humedales de la Provincia Datem del Marañón.* PROFONANPE, Lima, Perú, 34 pp.

Hallegatte, S., M. Bangalore, L. Bonzanigo, M. Fay, T. Kane, U. Narloch, J. Rozenberg, D. Treguer y A. Vogt-Schilb, 2016: *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. World Bank Publications, Washington DC, USA, 227 pp.

Hammill, A., J. Dekens, T. Leiter, J. Olivier, L. Klockermann, E. Stock y A. Glaser, 2014: *Repositorio de Indicadores de Adaptación: Casos Reales de Sistemas de Monitoreo y Evaluación Nacionales.* Deutsche Gesellshaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ), International Institute for Sustainable Development (IISD), Bonn, Alemania, 74 pp.

Heinrichs, D., K. Krellenberg y M. Fragkias, 2013: Urban responses to climate change: theories and governance practice in cities of the global south. *Int. J. Urban Reg. Res.,* 37, 1865-1878.

Hernández, J.G., A.R. Luna y E.S. López-Hernández, 2015: Aspectos socioambientales para la adaptación y mitigación al cambio climático en comunidades de Nacajuca. *Horiz. sanitario,* 14, 87-95.

Herrador-Valencia, D. y M. Paredes, 2016: Cambio climático y agricultura de pequeña escala en los Andes ecuatorianos: un estudio sobre percepciones locales y estrategias de adaptación. *J. Lat. Am. Geogr.,* 15, 101-121.

Herrera, C., R. Ruben y G. Dijkstra, 2018: Climate variability and vulnerability to poverty in nicaragua. *J. Environ. Econ. Policy,* 7, 324-344.

Hoffmann, D., 2015: *Navegando Futuro: Dos Experiencias de Adaptación al Cambio Climático en Bolivia.* Friedrich Ebert Stiftung en Bolivia, La Paz, Bolivia, 188 pp.

Huaman, E.S., 2016: Tuki ayllpanchik (our beautiful land): indigenous ecology and farming in the Peruvian Highlands. *Cult. Stud. Sci. Edu.,* 11, 1135-1153.

Hurlbert, M. y J. Gupta, 2016: Adaptive governance, uncertainty, and risk: policy framing and responses to climate change, drought, and flood. *Risk Anal.,* 36, 339-356.

Ibarrarán, M.E., M. Reyes y A. Altamirano, 2014: Adaptación al cambio climático como elemento de combate a la pobreza. *Región y sociedad,* 26, 5-50.

Infante, A. y F. Infante, 2013: Percepciones y estrategias de los campesinos del Secano para mitigar el deterioro ambiental y los efectos del cambio climático en Chile. *Agroecología,* 8, 71-78.

Inselmann, S. and G. Janecki, 2009: Empowering women. *Changing the climate. Women and climate change. An illustrated book.* The Association for Development Policy in Lower Saxony, VEN. Hannover, Germany.

IDDRI, 2015: *Sustainable cities in Latin America,* working Paper n.º 16/15. Instituto de Desarrollo Sostenible y Relaciones Internacionales, París, Francia, 28 pp.

IIE Brasil, 2016: *Case Study: Satoyama Initiative in Brazil.* Instituto Internacional de Educación de Brasil, Project BRA/COMDEKS/2013, Brazil, 17 pp.

IOM, 2008: *Migration, Environment and Climate Change: The Gender Perspective.* International Organisation for Migration (IOM), New York, USA.

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2014: Central and South America in Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. En: *Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change* [G. Magrin, J. Marengo, J. Boulanger, M. Buckeridge, E. Castellanos y G. Poveda (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, pp. 1499-1567.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC, 2018: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, 630 pp.

Junta de Andalucía, 2019: *Sistema de Indicadores Climáticos Ambientales.* Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca, y Desarrollo Sostenible. Documento consultado el 24 de octubre de 2019, http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=a7c613696f8bd110VgnVCM1000001325e50aRCRD

Kabisch, N., N. Frantzeskaki, S. Pauleit, S. Naumann, M. Davis, M. Artmann, D. Haase, S. Knapp, H. Korn, J. Stadler, K. Zaunberger y A. Bonn, 2016: Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecol. Soc.,* 21. 1-15.

Keohane, R.O. y D.G. Victor, 2015: After the Failure of Top-Down Mandates: The Role of Experimental Governance in Climate Change Policy. En: *Towards a Workable and Effective Climate Regime* [Barrett, S., C. Carraro y J. De Melo (eds.)]. CEPRS Press, London, UK, pp. 201-213.

Kivimaa, P., M. Hildén, D. Huitema, A. Jordan y J. Newig, 2015: *Experiments in climate governance–lessons from a systematic review of case studies in transition research.* University of Sussex, UK, 33 pp.

Kratzer, S. y V. Le Masson, 2016: *10 Things to Know: Gender Equality and Achieving Climate Goals.* CDKN, UK, 31 pp.

Kronik, J. y D. Verner, 2010: *Indigenous Peoples and Climate Change in Latin America and the Caribbean.* The World Bank, Washington DC, USA, 185 pp.

Laakso, S., A. Berg y M. Annala, 2017: Dynamics of experimental governance: A meta-study of functions and uses of climate governance experiments. *J. Clean. Prod.,* 169, 8-16.

Lampis, A., 2013: Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuadernos de Geografía,* 22, 17-33.

Lampis, A. y L. Rubiano, 2012: Y Siguen Culpando a la Lluvia! Vulnerabilidad Ambiental y Social en el Sector Altos de la Estancia, Bogotá, Colombia. En: *Perspectivas de Investigación y Acción frente al Cambio Climático en América Latina* [Briones F. (ed.)]. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, 177-219.

Landero, B., S. Obando, F. Salmerón y E. Vivas, 2016: *Agricultura Sostenible para Enfrentar los Efectos del Cambio Climático en Nicaragua* [Vivas y Obed (eds.)]. FES, Managua, Nicaragua, 100 pp.

LEDS LAC y EuroClima, 2015: *Desarrollo Resiliente y Bajo en Emisiones en América Latina: Integrando Mitigación y Adaptación.* LEDS LAC y EUROCLIMA, San José, Costa Rica, y Bruselas, Bélgica, 72 pp.

Leichenko, R., 2011: Climate change and urban resilience. *Curr. Opin. Environ. Sustain.,* 3, 164-168.

Leventon, J.J. Dyer y J. van Alstine, 2015: The private sector in climate governance: opportunities for climate compatible development through multilevel industry-government engagement. *J. Clean. Prod.,* 102, 316-323.

Levy, C., 1999: *The Process of Institutionalizing Gender in Policy and Planning: The Web of Institutionalization* UCL, London, UK, 25 pp.

Locatelli, B., P. Aldunce, A. Fallot, J-F. E. Le Coq, P. Sabourin y J. Tapasco, 2017: Research on climate change policies and rural development in Latin America: scope and gaps. *Sustainability,* 9, 1-17.

Lookabaugh, L., 2017: Talking about the weather in Chiapas, Mexico: rural women's approaches to climate change adaptation. *TLA,* 61, 61-80.

López, I., C. Monge y L. Casajus, 2018: Nuevas Formas Invisibles de Marginación Socio-espacial Urbana: El Reto Metodológico de la Caracterización de la Pobreza Energética de los Hogares en España. En: *Ciudad y Formas urbanas: Perspectivas Transversales: Libro de resúmenes* [Monclús, F. y C. Díez (eds.)]. Universidad de Zaragoza, España, 101.

López, I. y M. Pardo, 2018: Socioeconomic indicators for the evaluation and monitoring of climate change in national parks: an analysis of the sierra de Guadarrama national park (Spain). *Environments,* 5, 1-16.

Machado, G., C.J. Haguenauer, T. Ruprecht, F. Sobrinho y E. Gallo, 2018: Ecological Sanitation: A Territorialized Agenda for Strengthening Traditional Communities Facing Climate Change. En: *Climate Change Adaptation in Latin America* [Leal Filho W. y L. Esteves de Freitas (eds.)]. Springer, Hamburg, Germany, 103-129.

Magrin, G., 2015: *Adaptación al Cambio Climático en América Latina y el Caribe.* CEPAL, Santiago, Chile, 78 pp.

Maldonado, J. y R.P. Moreno-Sánchez, 2014: Estimating the adaptive capacity of local communities at marine protected areas in latin America: a practical approach. *Ecol. Soc.,* 19, 1-20.

Marchezini, V. y B. Wisner, 2017: Frameworks for Understanding Vulnerability. En: *Reduction of Vulnerability to Disasters: From Knowledge to Action* [Marchezini, V., B. Wisner, R.L. Liciana y M.S. Silvia (eds.)]. RiMa Editora, São Paulo, Brasil, 57-266.

Mark, B., J. Bury, J. McKenzie, A. French y M. Baraer, 2010: Climate change and tropical Andean glacier recession: Evaluating hydrologic changes and livelihood vulnerability in the Cordillera Blanca, Perú. *A. Assoc. Am. Geog.,* 100, 794-805.

Marquardt, J., 2017: Conceptualizing power in multi-level climate governance. *J. Clean. Prod.,* 154, 167-175.

Martín, L., J. Rivera y R. Castizo, 2018: *Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en Iberoamérica*. *Informe La Rábida, Huelva*. Observatorio de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático de La Rábida, Huelva, España, 216 pp.

Martinez, S., L. Melendez, J. Garcia y G. Wells, 2015: Indigenous communities: between adaptation to local climate variations and agricultural abandonment/Comunidades indígenas: entre la adaptación a alteraciones climáticas locales y el abandono de la agricultura. *AIBR,* 10, 27-49.

Martone, F., 2015: *The Green Climate Fund and Free, Prior and Informed Consent and a Call for the ad Option of an Indigenous People's Policy: The Lessons from a Wetland Project in Peru.* Forest Peoples Programme, Perú, 8 pp.

Matijasevic, J., 2014: El círculo vicioso de los efectos del cambio climático en poblaciones rurales migrantes del Altiplano boliviano. *Rev. Luna Azul,* 38, 11-29.

Meira-Cartea, P. y M. Arto-Blanco, 2014: Representaciones del cambio climático en estudiantes universitarios en España: aportes para la educación y la comunicación. *Educar em Revista,* 3, 15-33.

Mendoza, M., 2009: *Justicia Climática: Una tarea pendiente* [Centro de Estudios Internacionales (ed.)]. CEI, Managua, Nicaragua, 135 pp.

Merte, S., 2017: Estimating heat wave-related mortality in Europe using singular spectrum analysis. *Clim. change,* 142, 321-330.

Mesquita, P., H. Wittman y J. Aroudo, 2016: Climate variability, agricultural livelihoods and food security in semiarid Brazil. *Sust. Deb.,* 7, 38-51.

Milano, F., 2019: *Gobiernos y Sociedad Civil Avanzando Agendas Climáticas* [Irazábal, I. (ed.)]. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington DC, USA, 250 pp.

MAAM, 2014: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático: Tercer Informe de Seguimiento*. MAAM, España, 95 pp.

MINAGRI, 2013: *Estrategia Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional 2013-2021*. MINAGRI, Lima, Perú, 23 pp.

Ministerio de Energía, 2018: *Agenda Energía y Género: Mujeres en Energía.* Ministerio de Energía, Chile, 18 pp.

MINAM, 2015: *Estrategia Nacional ante el Cambio Climático.* MINAM, Lima, Perú, 85 pp.

MINAM, 2016: *Una Misma Mirada a partir de Muchas Voces: Proceso de Elaboración del Plan de Acción en Género y Cambio Climático del Perú.* MINAM, Lima, Perú, 239 pp.

MMA, 2017: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* MMA, Santiago, Chile, 80 pp.

MMA, 2016: *National Adaptation Plan to Climate Change.* Brasilia, Brasil, 32 pp.

Morss, R., O. Wilhelmi, G. Meehl y L. Dilling, 2011: Improving societal outcomes of extreme weather in a changing climate: an integrated perspective. *Annu. Rev. Env. Resour.,* 36, 1-25.

Nelson, D., M. Lemos, H. Eakin y Y.J. Lo, 2016: The limits of poverty reduction in support of climate change adaptation. *Environ. Res. Lett,* 11, 1-7.

O'Brien, K. y R. Leichenko, 2007: *Human Security, Vulnerability and Sustainable Adaptation.* HDRO, PNUD, Ney York, USA, 47 pp.

OCCC, 2014: *Indicador Global de Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en Cataluña.* Cataluña, España, 83 pp.

OIT, 2018: *Los Pueblos Indígenas y el Cambio Climático: De Víctimas a Agentes del Cambio por medio del Trabajo Decente.* OIT, Ginebra, Suiza, 47 pp.

Ojea, E., R. Ghosh, B. Agrawal y P. Joshi, 2012: Costing adaptation to climate change impacts in forest ecosystems: a case study with experiences from India. *IJCCSM,* 4, 323-341.

Okereke, C., H. Bulkeley y H. Schroeder, 2009: Conceptualizing climate governance beyond the international regime. *Global Environ. Polit.,* 9, 58-78.

Oliveira, S., J.L. Zêzere, M. Queirós y J.M. Pereira, 2017: Assessing the social context of wildfire-affected areas. The case of mainland Portugal. *Appl. geogr.,* 88, 104-117.

Oliver-Smith, A, 2009: Climate Change and Population Displacement: Disasters and Diasporas in the Twenty-first Century. En *Anthropology and Climate Change. From Encounters to Actions* [Crate, S. y M. Nutall (eds.)]. Left Coast Press, CA, USA, 116-136.

Olmos, E., M. González y M. Contreras, 2013: Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California sur, México. *Polis,* 35, 459-481.

Olsson, L., M. Opondo, P. Tschakert, A. Agrawal, S.H. Eriksen, S. Ma, L.N. Perch y S.A. Zakieldeen, 2014: Livelihoods and poverty. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 793-832.

Ordóñez, F., 2011: *Abriendo Surcos, Cosechando Semillas: Alternativas al Sistema Agroalimentario Actual desde la Agroecología y la Soberanía Alimentaria. Experiencia de la Fundación San Isidro de Duitama.* ILSA-Fundación San Isidro de Duitama, Bogotá, Colombia, 55 pp.

OMS, 2016: *Género, Cambio Climático y Salud.* OMS, Ginebra, Suiza, 42 pp.

Ostrom, E., 1990: *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action* [Alt, J. y D. North (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 280 pp.

Ostrom, E., J. Burger, C. Field, R. Norgaard y D. Policansky, 1999: Revisiting the commons: local lessons, global challenges. *Science,* 284, 278-282.

Ostrom, E., 2012: Polycentric Systems: Multilevel Governance Involving a Diversity of Organizations. En: *Global Environmental Commons: Analytical and Political Challenges in Building Governance Mechanisms* [(Brousseau, E., T. Dedeurwaerdere y P.A. Jouvet (eds.)]. OUP, Oxford, UK, pp. 105-125.

Otagri, B., E. Morales y A. Ayala, 2008: Las Mujeres Embera del Departamento de Caldas-Colombia frente a los Efectos del Cambio Climático sobre su Soberanía Alimentaria. En: *Mujeres Indígenas y Cambio Climático. Perspectivas latinoamericanas* [Ulloa, A., E. Escobar, L.M. Donato y P. Escobar (eds.)]. UNAL-Fundación Natura de Colombia-UNODC, Bogotá, Colombia, pp. 181-194.

Paavola, J., 2016: Multi-level environmental governance: exploring the economic explanations. *Env. Pol. Gov.,* 26, 143-154.

Pardo, M. y J. Ortega, 2018: El Impacto Social del Cambio Climático: La Metamorfosis Social como Ventana de Oportunidad. En: *Informe España 2018* [Blanco, A., A. Chueca, J.A. López-Ruiz y S. Mora (eds.)]. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España, pp. 365-391.

Pardo, M. y M. Rodríguez, 2010: *Cambio climático y lucha contra la pobreza.* Siglo XXI de España, Madrid, España, 216 pp.

Patt, A., 2017: Beyond the tragedy of the commons: reframing effective climate change governance. *Energy Res. Soc. Sci,* 34, 1-3.

Pereira, S., M. Marta-Almeida, A. Carvalho y A. Rocha, 2017: Heat wave and cold spell changes in Iberia for a future climate scenario. *Int. J. Climatol.,* 37, 5192-5205.

Perez, A., 2008: Mujeres Indígenas de Guatemala y sus Percepciones sobre el Cambio Climático. En: *Mujeres Indígenas y Cambio Climático. Perspectivas Latinoamericanas* [Ulloa, A., E. Escobar, L.M. Donato, y P. Escobar (eds.)]. UNAL-Fundación Natura de Colombia-UNODC, Bogotá, Colombia, pp. 61-65.

Poats, S. y D. Aguirre, 2017: Adaptándonos al Cambio Climático en los Páramos: Voces de las Mujeres. En: *Mujeres de los Páramos. Experiencia de Adaptación al Cambio Climático y Conservación en Colombia, Ecuador y Perú* [Hildahl, K. (ed.)]. UICN, Quito, Ecuador, pp. 75-107.

Polk, M., K. Young, M. Baraer, B. Mark, J. McKenzie, J. Bury y M. Carey, 2017: Exploring hydrologic connections between tropical mountain wetlands and glacier recession in Peru's Cordillera Blanca. *Appl. geogr.,* 78, 94-103.

Postigo, J.C., 2013: Adaptation of Andean Herders to Political and Climatic Changes. En: *Continuity and Change in Cultural Adaptation to Mountain Environments: From Prehistory to Contemporary Threats* [Lozny, L. (eds.)]. Springer, New York, USA, pp. 229-258.

Postigo, J.C., 2014: Perception and resilience of andean populations facing climate change. *J. Ethnobiol.,* 34, 383-400.

PNUD, 2009: *Aumentando la Visibilidad de Género en la Gestión del Riesgo de Desastres y el Cambio Climático en el Caribe.* PNUD, Barbados, 24 pp.

Ramírez, J., 2016: La actuación femenina en la adaptación al cambio climático en el espacio urbano. Un estudio de caso en la Amazonia peruana. *Encrucijadas,* 11, 1-26.

Reyes, R., 2002: Gendering responses to el niño in rural peru. *Gend. Dev.,* 10, 60-69.

Romero-Lankao, P., M. Borbor-Cordova, R. Abrutsky, G. Günther, E. Behrentz y L. Dawidowsky, 2013: ADAPTE: A tale of diverse teams coming together to do issue-driven interdisciplinary research. *Environ. Sci. Policy,* 26, 29-39.

Romero-Lankao, P., S. Hughes, H. Qin, J. Hardoy, A. Rosas-Huerta, R. Borquez y A. Lampis, 2014: Scale, urban risk and adaptation capacity in neighborhoods of latin american cities. *Habitat Int.,* 42, 224-235.

Romero-Ruiz, M., N. Hernandez, O. Ocampo, C. Pacheco, A. Pulido, A. Sarmiento, X. Pajarito, M.C. Vargas, M. Florián, C. Rodríguez, C. Bouroncle, C. Medellín y P. Imbach, 2016: *Sistema Nacional de Indicadores de Adaptación al Cambio Climático (SIACC): Propuesta de Protocolos de Indicadores Incluidos en el sistema.* MADS-CTCN-CATIE, Bogotá, Colombia, 57 pp.

SAG, 2016: *Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático para el Sector Agroalimentario de Honduras 2014-2024.* Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras (SAG), Tegucigalpa, Honduras, 141 pp.

Salick, J. y A. Byg (eds.), 2007: Indigenous peoples and climate change. En: *Indigenous peoples and climate change.* Report of symposium, 12-13, Abril de 2007, Oxford, UK, 32 pp.

Salick, J., A. Byg y K. Konchar, 2011: Innovation and adaptation in tibetan land use and agriculture coping with climate change. En: *Indigenous peoples, marginalized populations and climate change: Vulnerability, adaptation and traditional knowledge.* Proceedings of the conference Indigenous people, marginalized populations and climate change, 19-21 de Julio de 2011, México City, México, pp. 1-14.

Sánchez, L. y O. Reyes, 2015: *Medidas de Adaptación y Mitigación frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Una revisión general.* CEPAL, Santiago, Chile, 73 pp.

Sandoval F. y A. Pérez, 2015: Subjetividad y género: Límites de la agricultura periurbana. En: *Pasado, presente y futuro de las regiones en México y su estudio* [Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional (eds.)]. Acta de 20.° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México, 17-20 de noviembre de 2015, pp. 1-24.

Sapiains, R., A. Ugarte y P. Aldunce, 2017: Los significados de la participación para el cambio climático en Chile. *Ambiente Desarro.,* 21, 43-60.

Sattler, C., B. Schröter, A. Meyer, G. Giersch, C. Meyer y B. Matzdorf, 2016: Multilevel governance in community-based environmental management: a case study comparison from Latin America. *Ecol. Soc.,* 21, 1-14.

SAG, 2014: *Estrategia nacional de adaptación al cambio climático para el sector agroalimentario de Honduras.* Secretaría de Agricultura y Ganadería. Honduras.

Soares, D. y A. García, 2014: Percepciones campesinas indígenas acerca del cambio climático en la cuenca de Jovel, Chiapas-México. *Cuad. Antropol. Soc.,* 39, 63-89.

Soares, D y D. Murillo-Licea, 2013: Gestión de riesgo de desastres, género y cambio climático. Percepciones sociales en Yucatán, México. *Cuad. Desarro. Rural,* 10, 181-199.

Soler, J.P., y D. Urrea, 2007: Entre la inundación y el desplazamiento. *Ecol. Polít.,* 33, 115-117.

Sovacool, B., 2011: An international comparison of four polycentric approaches to climate and energy governance. *Energy Policy,* 39, 3832-3844.

Stern, N., 2007: *El Informe Stern: La Verdad sobre el Cambio Climático.* Paidós, Barcelona, España, 389 pp.

Tafur, M., T. Gumucio, J. Twyman, D. Martínez y J. Muriel, 2015: *Avances en la Inclusión de Intereses y Necesidades de Mujeres Rurales en Políticas Públicas Agropecuarias y de Cambio Climático: el Caso de Colombia.* CCAFS, Copenhagen, Dinamarca, 8 pp.

Tirado, S., L. Jiménez, J. López y V. Irigoyen, 2018: *Pobreza Energética en España. Hacia un Sistema de Indicadores y una Estrategia de Actuación Estatales.* Asociación de Ciencias Ambientales, Madrid, España, 135 pp.

Toledo, V., 2002: Ecología, espiritualidad, conocimiento: Una nueva utopía recorre el mundo. *CUHSO,* 6, 91-93.

Toledo, V., P. Alarcón-Cháires y L. Barón, 2009: Revisualizar lo rural desde una perspectiva multidisciplinaria. *Polis,* 22, 1-14.

Torfing, J., B. Peters, J. Pierre y E. Sörensen, 2012: *Interactive Governance: Advancing the paradigm.* OUP, Oxford, UK, 280 pp.

Torres, J., 2015: *Experiencias de Adaptación al Cambio Climático, los Conocimientos Ancestrales, los Conocimientos Contemporáneos y*

los Escenarios Cualitativos en los Andes. Alcances y límites (Perú). Soluciones Prácticas, Perú, 21 pp.

Tumi, A. y J. Tumi, 2013: Estrategias de adaptación frente al cambio climático en familias rurales del Altiplano puneño: estudio de caso en el centro poblado de Huancho-Huancané-Perú. *Comuni@cción,* 4, 57-73.

Turbay, S., B. Nates, F. Jaramillo, J.J. Vélez y O.L. Ocampo, 2014: Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. *Investigaciones Geográficas, Boletín,* 2014, 95-112.

Ulloa, A., 2015: *Políticas Globales, Nacionales, Locales de Cambio Climático y sus Incidencias en Desigualdades de Género y Etnicidad.* CLACSO, Buenos Aires, Argentina, 9 pp.

Ulloa, A., E. Escobar, L.M. Donato y P. Escobar (eds.), 2008: *Mujeres Indígenas y Cambio Climático: Perspectivas Latinoamericanas.* UNAL-Fundación Natura de Colombia-UNODC, Bogotá, Colombia, 232 pp.

UICN, 2008: *Los Pueblos Indígenas y Tradicionales y el Cambio Climático.* UICN, 19 pp.

UNDP, 2013: *Adapting Locally to Secure Sustainable Futures. Lessons Learned from Selected UNDP-GEF Community-based Adaptation Projects.* UNDP, New York, USA, 46 pp.

Valdivieso, P., 2017: Municipal governance, environmental management and disaster risk reduction in Chile. *BLAR,* 36, 440-458.

Vallejo, L., 2017: Insights from national adaptation monitoring and evaluation systems. *OECD/IEA CCXG,* 3, 3-32.

Van Asselt, H. y F. Zelli, 2014: Connect the dots: managing the fragmentation of global climate governance. *Environ. Econ. Policy Stud.,* 16, 137-155.

Vázquez, V., I. Castañeda, D. Molina, D. Sosa, E. Chablé y L. del Rivero, 2015: Género y Cambio Climático: Estado del Arte y Agenda de Investigación en México. En: *Reporte mexicano de cambio climático: grupo II: impactos, vulnerabilidad y adaptación* [Gay y García, C., A. Cos y C. Tatiana (eds.)]. Alebrije diseño, Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 313-329.

Von Bertrab, E., C.D. Alba y S. Fisher, 2011: Grandes presas en México: entre la imposición y la resistencia. La lucha de Temacapulín. *Ecol. Polít.,* 41, 117-122.

WBGU, 2006: *The future Oceans. Warming up, Rising High, Turning Sour* [Schubert, R., H.-J. Schellnhuber, N. Buchmann, A. Epiney, R. Grießhammer, M. Kulessa, D. Messner, S. Rahmstorf y J. Schmid (eds.)]. German Advisory Council on Global Change, Berlín, Germany, 123 pp.

WEF, 2020: *La población indígena en el continente americano.* World Economic Forum (WEF), https://es.weforum.org/agenda/2019/11/los-paises-con-la-mayor-cantidad-de-poblacion-indigena-de-america/

Welz, J. y K. Krellenberg, 2016: Vulnerabilidad frente al cambio climático en la región metropolitana de Santiago de Chile: posiciones teóricas versus evidencias empíricas. *EURE (Santiago),* 42, 251-272.

Global Witness, 2017: *Defenders of the Earth: Global Killings of Lland and Environmental Defenders in 2016.* Global Witness, London, UK, 58 pp.

Yana, O., 2008: Diferencias de Género en las Percepciones sobre Indicadores Climáticos y el Impacto de Riesgos Climáticos en el Altiplano Boliviano: Estudio de Caso en los Municipios de Umala y Ancoraimes, Departamento de La Paz. En: *Mujeres Indígenas y Cambio Climático* [Ulloa, A., E. Escobar, L.M. Donato y P. Escobar (eds.)]. UNAL-Fundación Natura de Colombia-UNODC, Bogotá, Colombia, pp. 43-54.

Yáñez, N. y R. Molina, 2011: *Las Aguas Indígenas en Chile*. Lom ediciones, Santiago, Chile, 206 pp.

Yañez, N., 2020: Caso Lhaka Honhat: Avances del Sistema Interamericano de Derechos Humanos, [en línea] https://debatesindigenas.org/notas/42-avances-del-sistema-derechos-humanos.html. Consultada el 18 de mayo de 2020.

Zorrilla, M. y A. Kuhlmann, 2015: *Metodología de Priorización de Medidas de Adaptación al Cambio Climático Guía de Uso y Difusión.* Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México DF, 57 pp.

Zorrilla, M. y M. A. Altamirano, 2014: *Identificación de indicadores para el monitoreo y evaluación de la adaptación al cambio climático en México.* Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), México DF, 54 pp.

3

Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales

Mercedes Bustamante (Brasil), Mayra E. Gavito (México), Alejandro Jiménez (Costa Rica), Ana María Loboguerrero (Colombia), Cecilia Pérez (Chile), Iván Torres (España), María Luisa Suárez (España), María Rosario Vidal-Abarca (España).

Se recomienda citar este texto como:

Bustamante, M., M. E. Gavito, A. Jiménez, A. M. Loboguerrero, C. Perez, I. Torres, M.L. Suárez, M.R. Vidal-Abarca, 2020: Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT.* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 91-129, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo ... **93**

3.1. Introducción ... **93**

3.1.1. Marco conceptual ... 93

3.1.2. Principales cifras del sector ... 94

3.2. Componentes del riesgo en relación con los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales ... **95**

3.2.1. Amenazas ... 95

3.2.2. Principales vulnerabilidades ... 96

3.2.2.1. Ecosistemas montanos ... 96

3.2.2.2. Bosques templados, subtropicales y tropicales ... 97

3.2.2.3. Ecosistemas estacionales y áridos ... 98

3.2.2.4. Ecosistemas acuáticos continentales ... 98

3.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos ... **100**

3.3.1. Ecosistemas terrestres ... 100

3.3.1.1. Ecosistemas montanos ... 100

3.3.1.2. Bosques templados, subtropicales y tropicales ... 100

3.3.1.3. Ecosistemas estacionales y secos ... 103

3.3.2. Ecosistemas acuáticos ... 103

3.4. Actividades de adaptación planificada ... **104**

3.4.1. Escala supranacional ... 104

3.4.2. Escala nacional ... 106

3.4.2.1. Brasil ... 106

3.4.2.2. Chile ... 106

3.4.2.3. México ... 109

3.4.2.4. Costa Rica ... 110

3.4.2.5. España y Portugal ... 110

3.4.3. Escala subnacional ... 110

3.4.4. Escala local ... 111

3.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... **112**

3.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación ... **112**

3.7. Casos de estudio ... **114**

3.7.1. Restauración del río Órbigo ... 114

3.7.1.1. Resumen del caso ... 114

3.7.1.2. Introducción a la problemática del caso ... 115

3.7.1.3. Descripción del caso ... 116

3.7.1.4. Limitaciones e interacciones ... 116

3.7.1.5. Lecciones identificadas ... 117

3.7.2. Escenarios participativos para manejo sostenible de bosques en México ... 117

3.7.2.1. Resumen del caso ... 117

3.7.2.2. Introducción a la problemática del caso ... 117

3.7.2.3. Descripción del caso ... 117

3.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 118

3.7.2.5. Lecciones identificadas ... 118

3.8. Principales lagunas y necesidades futuras ... **118**

3.9. Conclusiones ... **118**

Bibliografía ... **119**

Anexo del Capítulo 3: selección de proyectos sobre soluciones basadas en la naturaleza en la Península Ibérica ... **128**

Resumen ejecutivo

La biodiversidad y los ecosistemas en los países de la RIOCC se encuentran entre los activos más valiosos de la región y son de importancia estratégica para lograr un desarrollo sostenible a largo plazo, incluyendo medidas de adaptación con base en ecosistemas. Los ecosistemas terrestres y acuáticos de los países iberoamericanos son la base de una amplia gama de actividades humanas, como la agricultura, la pesca, la silvicultura y el turismo, que producen bienes y servicios de mercado. Estas actividades desempeñan un papel importante en los ingresos y el empleo en la región.

Los efectos combinados del cambio climático y la pérdida de hábitats representan una gran amenaza para las especies y los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales en los países RIOCC. Los cambios en los patrones de precipitación y los eventos extremos de sequía también están relacionados con los cambios en los regímenes de incendios que están afectando a los ecosistemas en los países de la RIOCC. Las regiones de montaña proporcionan servicios ambientales importantes, como el suministro de agua para las tierras bajas adyacentes, pero son particularmente vulnerables al cambio climático. Esto afecta especialmente a los ecosistemas de aguas continentales (ríos, lagos y humedales) y al agua como recurso natural, no solo por la disminución de las precipitaciones y el aumento de la temperatura, sino también por la intensificación de la competencia por el agua entre distintos sectores.

La implementación efectiva de estrategias de adaptación para contrarrestar los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas, su biodiversidad y los medios de subsistencia requiere una comprensión clara de cómo el cambio climático influirá en el funcionamiento y la distribución futura de los ecosistemas. El cambio climático afectará a la precipitación efectiva y a la producción primaria en los sistemas naturales, con consecuencias a corto plazo y efectos a más largo plazo debido a la degradación. La pérdida de conectividad entre los fragmentos de los ecosistemas nativos y la introducción de especies invasoras, unidas a la fuerte variabilidad climática, amenazan la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas. La espiral de degradación ambiental resultante agota progresivamente los servicios de los ecosistemas y reduce su capacidad para adaptarse al cambio climático.

La adaptación basada en los ecosistemas (AbE) aparece como una posibilidad que reúne la adaptación al cambio climático y la gestión de áreas naturales. Los ecosistemas naturales protegidos son fundamentales para la resiliencia de la biodiversidad y de la sociedad frente a los impactos del cambio climático. Los planes nacionales de adaptación de varios países RIOCC incluyen medidas y programas propuestos para la adaptación al cambio climático en el área de la conservación y restauración de los ecosistemas (terrestres y acuáticos) y medidas de AbE. Las medidas de adaptación para los ecosistemas deben incluir acciones para reducir la exposición a factores no climáticos, lo que implica aumentar la resiliencia de los ecosistemas en un contexto territorial apropiado desde una perspectiva integrada, donde la cuenca de drenaje sea el marco territorial para la cooperación y coordinación entre los administradores de tierras y aguas.

La gobernanza de los recursos naturales está fuertemente influenciada por el hecho de que las economías de muchos de los países RIOCC están dominadas por las exportaciones de productos basados en los recursos naturales (petróleo, minerales y recursos agrarios). Aunque el cambio climático afecta a toda la población de los países iberoamericanos, las consecuencias son más intensas en aquellos donde la dependencia de la población local de los recursos naturales es más directa y donde la capacidad para desarrollar estrategias de resiliencia es menor. Sin una estrategia adecuada de conservación de los ecosistemas nativos adaptada al cambio climático, se pone en riesgo el mantenimiento de muchos servicios de los ecosistemas y aumenta la vulnerabilidad socioecológica.

Los planes nacionales de adaptación han avanzado en la estrategia de adaptación al cambio climático, pero aún no reflejan la vulnerabilidad integrada de los ecosistemas y las poblaciones asociadas a ellos. La coordinación de las Administraciones y el avance en la gestión adaptativa del manejo de los ecosistemas es aún poco significativa. Las brechas principales son la falta de compromisos a largo plazo, de recursos financieros estables ante los cambios gubernamentales y de conocimiento científico sobre la problemática de la adaptación de los ecosistemas frente al cambio climático. La adaptación al cambio climático a escalas municipal y de distrito requiere del reconocimiento de los servicios ambientales que los ecosistemas proveen —incluida la reducción del riesgo de desastre— al conjunto de actividades productivas desarrolladas en los territorios de las cuencas hidrográficas.

El monitoreo de la aplicación de las medidas de adaptación y los índices para evaluar el éxito en la adaptación aún no están extensamente desarrollados ni implementados. Es necesario identificar métricas de evaluación de las medidas de adaptación y los factores que pueden fortalecer la resiliencia social y ecológica para diseñar líneas de acción que actúen sinérgicamente. Las líneas de actuación que incluyen mecanismos de apropiación social y participación de diferentes actores, sobre todo locales, en los programas de adaptación podrían ser menos vulnerables a los cambios de gobernanza, resultando en continuidad en las acciones implementadas.

3.1. Introducción

3.1.1. Marco conceptual

El marco conceptual del capítulo que se presenta en la **Figura 3.1** (Munang *et ál.,* 2013) resalta el papel central de la biodiversidad para el mantenimiento de los servicios de los ecosistemas para la sociedad.

El cambio climático desencadena la transformación de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y modificaciones sustanciales de los servicios de los ecosistemas (**Figura 3.1a**). La vulnerabilidad de los servicios de los ecosistemas al cambio climático o la variabilidad del clima y otras amenazas pueden describirse mediante criterios relacionados con la exposición y la sensibilidad a los impactos, la capacidad de adaptación de los ecosistemas en función de la degradación actual y otras presiones. Los sistemas sociales humanos y su vulnerabilidad a la pérdida de servicios ecosistémicos están asociados a la sensibilidad del sistema (por ejemplo, la dependencia de productos forestales no maderables o agua limpia) y su capacidad de adaptación (por ejemplo, la disponibilidad de sustitutos para los servicios perdidos). La capacidad de adaptación del sistema en su conjunto se refiere a la aptitud de los sistemas sociales para reducir o eliminar las prácticas que aumentan la presión sobre los ecosistemas y la capacidad de implementar la adaptación. Así, uno de los objetivos de la gestión de los ecosistemas es mantener la salud y aumentar la resiliencia, al tiempo que se reduce la vulnerabilidad frente al cambio climático (**Figura 3.1b**). Los ecosistemas resilientes tienen un mayor potencial para mitigar y adaptarse al cambio climático y para revertir los efectos del calentamiento global. Resisten y se recuperan más fácilmente de los fenómenos meteorológicos extremos, al tiempo que continúan proporcionando una amplia gama de servicios ecosistémicos. Al mismo tiempo, los ecosistemas en buen estado de conservación y gestionados racionalmente aportan servicios ambientales de regulación, como la regulación del clima, el control de inundaciones al absorber excesos de agua y mitigar escorrentías extremas y la protección frente a tormentas tropicales y deslizamientos de tierra capaces de causar daños a los actores sociales más expuestos y vulnerables.

3.1.2. Principales cifras del sector

La biodiversidad y los ecosistemas se encuentran entre los activos más valiosos de los países RIOCC y son de importancia estratégica para lograr un desarrollo sostenible a largo plazo. Latinoamérica y el Caribe abarcan vastas áreas a ambos lados del ecuador, incluida una amplia gama de ecosistemas tropicales, subtropicales y templados (ver **Capítulo 1**). Contienen cerca de 800 millones de hectáreas de áreas boscosas, 570 millones de hectáreas de sabanas silvestres, 700 millones de hectáreas de tierras productivas, más del 30 % del agua dulce disponible en el planeta y alrededor del 40 % del total de recursos hídricos renovables (UNEP, 2010). Los ecosistemas terrestres y acuáticos de estas regiones respaldan una amplia gama de actividades humanas, como la agricultura, la pesca, la silvicultura y el turismo, que producen bienes y servicios de mercado. Estas actividades desempeñan un papel importante como fuente de ingresos y empleo en la región, pero los ecosistemas están en continua amenaza, disminución y

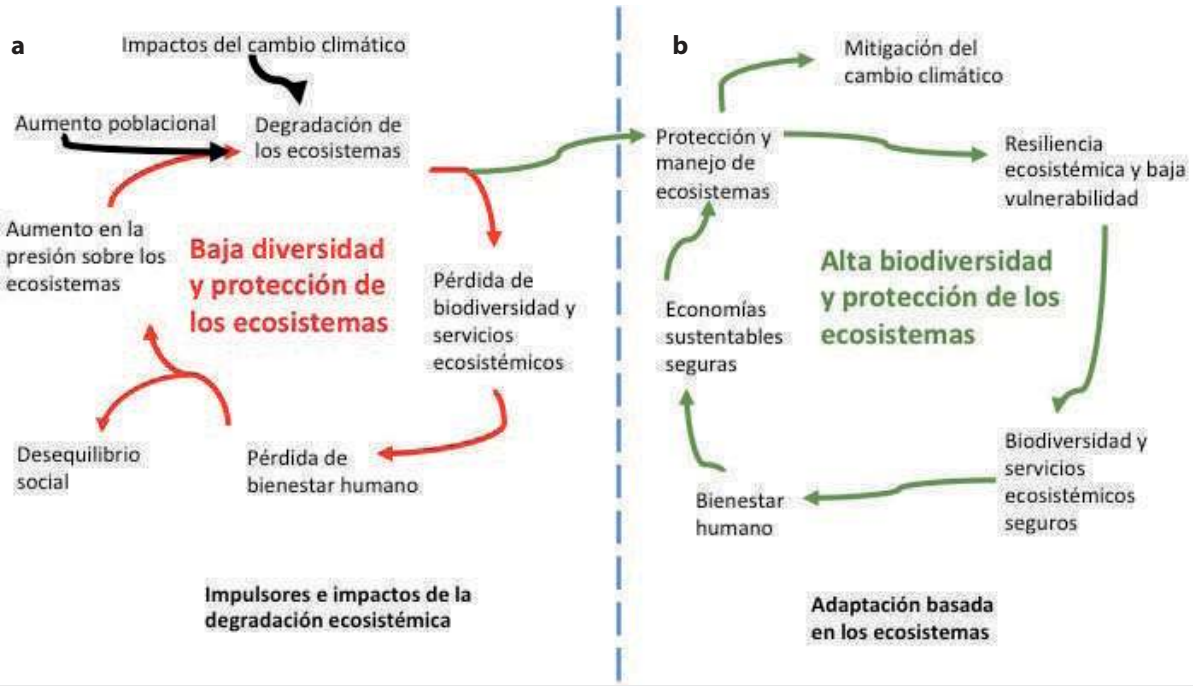


Figura 3.1. Marco conceptual de (a) los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y la sociedad y (b) medidas de gestión que pueden resultar en un ciclo de incremento de la resiliencia ecosistémica y disminución de la vulnerabilidad. Fuente: Munang *et al.* (2013) (traducido por los autores).

deterioro por la deforestación, principalmente para conversión a agricultura intensiva, por el uso recurrente del fuego como práctica de manejo y por la práctica de ganadería extensiva (Bustamante *et ál.,* 2014). El contexto ambiental de la Península Ibérica, entre dos regiones biogeográficas (eurosiberiana y mediterránea) y con varias cadenas montañosas, otorga a esta región una gran diversidad de hábitats y comunidades. La región mediterránea abarca casi toda la superficie de España y Portugal. La Península Ibérica es una de las áreas mediterráneas más ricas en especies de plantas vasculares (Groombridge, 1992) y sus áreas de montaña presentan los niveles más altos de riqueza de especies (Parga *et ál.,* 1996). Una diferencia importante entre las dos regiones es que, en la Península Ibérica, especialmente en la región mediterránea y en las regiones de montaña, hay un incremento del abandono de tierras y despoblamiento rural (Romero-Díaz *et ál.,* 2017), mientras que en Latinoamérica y el Caribe predomina la deforestación (Song *et ál.,* 2018).

3.2. Componentes del riesgo en relación con los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales

3.2.1. Amenazas

Los efectos combinados del cambio climático y la pérdida de hábitats representan una gran amenaza para las especies y los ecosistemas en los países RIOCC. A medida que el cambio climático ha ido afectando a los ecosistemas, su biodiversidad y los medios de subsistencia que mantienen, se han propuesto distintas estrategias de adaptación y mitigación para contrarrestar sus impactos. Sin embargo, la implementación efectiva de tales estrategias requiere una comprensión clara de cómo el cambio climático influirá en el funcionamiento y la distribución futura de los ecosistemas.

El cambio en el uso del suelo es uno de los principales impulsores de los cambios en los biomas que causan la pérdida de hábitats y biodiversidad. Una proyección a escala continental de los impactos del cambio climático y del uso del suelo sobre los biomas en Latinoamérica bajo cuatro escenarios de desarrollo socioeconómico (Boit *et ál.,* 2016) indicó que entre el 5-6 % de la superficie total sufrirá cambios en los biomas que pueden atribuirse al cambio climático hasta el año 2099. El impacto relativo del cambio climático en los cambios de los biomas puede superar el impacto del cambio en el uso del suelo, incluso en un escenario climático optimista, si la expansión de este impacto se detuviese a mediados de siglo. Teniendo en cuenta esos resultados, se sugiere que restringir el cambio en el uso del suelo y preservar la vegetación natural remanente en este momento crea oportunidades para mitigar los impactos del cambio climático durante la segunda mitad de este siglo.

De acuerdo con Aide *et ál.* (2013), entre 2001-2010, la deforestación de los bosques húmedos, bosques secos y biomas de sabanas y matorrales dominó el cambio de la vegetación leñosa en América del Sur (-541.835 km^2). Aun cuando sus países incluyen una gran diversidad de biomas y una amplia variación latitudinal, altitudinal y climática, y los motivos y fines no son siempre los mismos en todas las regiones, el cambio constante en el uso del suelo, con pérdidas considerables de cobertura forestal y degradación de los ecosistemas por fragmentación de la vegetación nativa y deterioro por el uso agrícola, pecuario o forestal, es un factor común (Bustamante *et ál.,* 2014). No obstante, también hubo recuperación de la vegetación leñosa (+362.430 km^2), particularmente en regiones demasiado secas o abruptas para la agricultura moderna (Aide *et ál.,* 2013). El crecimiento poblacional y la falta de planeación y acciones estratégicas que reviertan las tendencias de deterioro ecosistémico y compensen los daños ambientales presentan un escenario complicado de cara al futuro, donde las amenazas crecen y generan desequilibrios en recursos básicos (Austin *et ál.,* 2013) que tardarán décadas en reducirse, incluso tomando medidas drásticas desde este momento. En contraste, una gran parte de la Península Ibérica tiene una densidad de población relativamente baja y las tierras de cultivo han disminuido considerablemente en las últimas décadas (Vidal-Macua *et ál.,* 2017).

El uso del suelo y el cambio de la cobertura del suelo afectan al clima regional a través de modificaciones en el balance hídrico y el balance de energía. Estos impactos se expresan con frecuencia a través de cambios en el régimen de precipitación y alteración de las temperaturas superficiales (Salazar *et ál.,* 2015). Se han documentado cambios estructurales importantes (Peñuelas y Boada, 2003) y funcionales (Vicente-Serrano y Heredia-Laclaustra, 2004) de los ecosistemas ibéricos debido a las modificaciones climáticas. Por ejemplo, después del abandono de muchas áreas rurales y el cambio de uso del suelo, la sequía y las variables topográficas que condicionan la disponibilidad de agua en el suelo han jugado un papel muy importante en los cambios forestales en las últimas décadas. Se ha observado una disminución en la abundancia de coníferas debido a la falta de regeneración (Carnicer *et ál.,* 2014), pero también a incendios forestales en décadas previas (Urbieta *et ál.,* 2019) que en parte han regenerado formaciones mixtas con especies del género *Quercus* (Broncano *et ál.,* 2005; Torres *et ál.,* 2016). Mientras tanto, las especies de planifolios (especialmente *Quercus ilex*) se han expandido y podrían volverse dominantes en muchas áreas del Mediterráneo si continúan las tendencias de aumento de las temperaturas y la disminución de la disponibilidad de agua (Carnicer *et ál.,* 2014; Vidal-Macua *et ál.,* 2017). El abandono del uso tradicional del suelo también ha provocado la matorralización de ecosistemas agrosilvopastorales, como las dehesas de *Q. ilex* y *Q. suber* (Plieninger, 2006), lo que incrementa la competencia por el agua y el riesgo de incendio (Acácio *et ál.,* 2009).

Los aumentos previstos en la frecuencia e intensidad de eventos extremos afectan a la producción primaria en los sistemas naturales. Las consecuencias a corto plazo dan lugar a una disminución de la producción y los efectos a más largo plazo se deben a la degradación. En algunos casos, la combinación de sequía, sobreexplotación y especies invasoras producen daños irreversibles. El disturbio previo acumulado (como el sobrepastoreo o las quemas regulares de limpieza), la cobertura fragmentada o las funciones ecosistémicas ya deterioradas por prácticas de manejo inadecuadas pueden aumentar la sensibilidad de las especies y de las funciones del ecosistema, haciéndolos más vulnerables al cambio climático (Opdam y Wascher, 2004; Oliver *et ál.,* 2015). La pérdida de conectividad entre los fragmentos restantes de los ecosistemas nativos, la introducción de especies invasoras, ya sea en forma deliberada o causal, unido a la fuerte variabilidad climática amenazan la sobrevivencia de muchas especies y funciones ecosistémicas (Sgro *et ál.,* 2011; Segan *et ál.,* 2016). La espiral de degradación ambiental resultante agota progresivamente los servicios ecosistémicos y reduce la capacidad de los ecosistemas para adaptarse al cambio climático (Munang *et ál.,* 2013; Steffen *et ál.,* 2015).

3.2.2. Principales vulnerabilidades

La vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático es función de los niveles actuales de la integridad del hábitat y de la vulnerabilidad a los cambios del bioma (Eigenbrod *et ál.,* 2015). Una pregunta clave es cómo identificar los ecosistemas más vulnerables a la variación climática. Desafortunadamente, existen grandes lagunas en el monitoreo de la cubierta vegetal en todo el planeta que limitan considerablemente su seguimiento histórico y su análisis en relación con otros factores en fechas muy recientes. Por ejemplo, un estudio que utilizó datos del satélite MODIS recopilados entre 2000 y 2013 identificó ecosistemas sensibles al clima (Seddon *et ál.,* 2016). Las áreas de sensibilidad amplificada a la variabilidad climática incluyeron la selva tropical, las regiones alpinas, las regiones de estepa y pradera de Sudamérica y el bosque caducifolio de Caatinga en el este de América del Sur.

Además de los impactos asociados con la exposición directa de ecosistemas y especies al cambio en variables climáticas, la sensibilidad de un ecosistema se ve afectada por variables «no climáticas» que incluyen conversión de la cubierta forestal y fragmentación de ecosistemas, cambios en el régimen de fuego y deficiencias de la gobernanza y los arreglos institucionales. Las regiones MEX, CAC, AMZ, NEB, SES, APT, APC y PAT han hecho una contribución histórica relativamente pequeña al cambio climático (UNEP, 2010), pero son muy vulnerables a sus efectos debido a su geografía, clima, condiciones socioeconómicas y factores demográficos, e incluso por la gran sensibilidad de sus activos naturales, como los bosques y su biodiversidad, al mismo. Aunque el cambio climático afecta a toda la población de los países iberoamericanos, las consecuencias son más intensas en algunos países de Latinoamérica, donde la dependencia de la población local de los recursos naturales es más directa y donde la capacidad para desarrollar estrategias de resiliencia es menor. La inequidad social, en particular en Latinoamérica, es una preocupación por las implicaciones adversas para los ecosistemas y la calidad de vida, y porque la gobernanza de los recursos naturales está fuertemente influenciada por el hecho de que las economías están dominadas por las exportaciones de productos con base en los recursos naturales (petróleo, minerales y recursos agrarios) (IPBES, 2018a). Por lo tanto, las políticas y acciones concretas para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático deberían enfatizar el cambio en los factores sociales y económicos que impulsan la pérdida y el deterioro de los ecosistemas (Carleton y Hsiang, 2016).

A continuación, se plantean con más detalle algunos aspectos de vulnerabilidad de distintos tipos de ecosistemas terrestres y acuáticos continentales.

3.2.2.1. Ecosistemas montanos

Los paisajes de montaña son reconocidos como altamente vulnerables al cambio climático. Los modelos sugieren que experimentan un calentamiento desproporcionado en comparación con las correspondientes regiones de tierras bajas (Brodnig y Prasad, 2010). Las regiones de montaña proporcionan servicios ambientales importantes, como el suministro de agua para las tierras bajas adyacentes y más secas (Viviroli *et ál.,* 2010). Las regiones de montaña son particularmente vulnerables en primer lugar por su configuración geográfica, que las hace sensibles a las perturbaciones físicas. La retirada de los glaciares y el cambio de uso del suelo en los Andes peruanos están contribuyendo a un mayor riesgo de inundaciones de lagos glaciares, humedales degradados y hábitats de pastizales, y arroyos glaciares altamente acidificados (O'Donnell *et ál.,* 2016). Ante la pérdida de los glaciares, los humedales de gran altitud son cada vez más importantes para regular la escasez estacional de agua. Los humedales alpinos pueden formarse sobre valles inclinados, en cuencas o sobre planicies. La importancia de los humedales alpinos va más allá del almacenamiento y la purificación del agua (ver **Capítulo 6**). Proporcionan un hábitat crítico para una variedad de especies de vida silvestre y plantas endémicas. Por ejemplo, la vegetación en humedales es a menudo el forraje de pastoreo preferido para el ganado en la Cordillera Blanca y para el ganado y la alpaca en el sur del Perú. Sin embargo, el pastoreo del ganado puede cambiar rápidamente la cubierta vegetal y su composición, lo que a su vez afecta a la capacidad de almacenamiento de agua. El pastoreo excesivo ha sido la principal causa de degradación en los humedales alpinos. La contaminación, las zanjas de drenaje y la cosecha de turba también constituyen amenazas importantes para los ecosistemas de humedales sanos. Las soluciones propuestas para las cuencas hidrográficas de las tierras altas pueden salvaguardar valiosos ecosistemas de montaña, asegurar los

recursos hídricos y crear resiliencia en toda la cuenca [ver sección sobre acciones de adaptación).

La tundra altoandina, o páramo, y las praderas de montaña, o puna, son también reconocidas por tener un papel significativo en el ciclo y almacenamiento del carbono. Estos pastizales pueden ser tan productivos como los bosques nubosos (Oliveras *et ál.,* 2014). El páramo consiste en una colección de ecosistemas neotropicales de pastizales altoandinos que cubren la región superior de los Andes del norte. Estos juegan un papel clave en la hidrología del continente. Muchos de los afluentes más grandes de la cuenca del Amazonas tienen su cabecera en el páramo. También es la principal fuente de agua para las tierras altas de los Andes y una vasta área de tierras bajas áridas y semiáridas, donde el agua del páramo se utiliza para el consumo doméstico, agrícola e industrial y la generación de energía hidroeléctrica. Recientemente, el páramo se ha empezado a utilizar cada vez más para el pastoreo intensivo, el cultivo y la plantación de pinos, entre otros usos. Estas actividades, así como el cambio climático, alteran severamente el régimen hidrológico.

Los efectos del cambio climático en los pastizales de gran altitud aún no están claros; sin embargo, un estudio de pastizales andinos muestra que varias propiedades del suelo, incluida la resistencia a la generación de escorrentía y la erosión, probablemente cambiarán con el calentamiento climático futuro (Zehetner y Miller, 2006). En los Andes, la condición de los pastizales y el manejo de cuencas altas son factores críticos para el sustento sostenible del pastoralismo.

Los ecosistemas de carácter insular, como los ecosistemas aislados, los de alta montaña o los asociados a islas edáficas, son particularmente vulnerables (Valladares *et ál.,* 2005). Los pastizales de alta montaña mediterránea están viendo reducida su extensión por el ascenso de las franjas de vegetación arbustiva debido a una combinación de calentamiento y de disminución de la presión ganadera que produce matorralización y pérdida de hábitat (Escudero *et ál.,* 2012). De forma similar, se ha observado un incremento del límite superior del bosque en los Pirineos debido principalmente a la disminución de la presión ganadera (Améztegui *et ál.,* 2010).

3.2.2.2. Bosques templados, subtropicales y tropicales

Se puede esperar —como reacción de adaptación evolutiva de los organismos— el desplazamiento de especies templadas y boreales hacia latitudes superiores y hacia mayores altitudes en las zonas montañosas (Sunday *et ál.,* 2014; Pecl *et ál.,* 2017). En los ecosistemas terrestres, los ecotonos se encuentran entre las zonas más vulnerables por su naturaleza transicional.

En la Península Ibérica, se esperan avances de especies mediterráneas a expensas de las especies atlánticas, que serán desplazadas hacia posiciones de mayor latitud o altitud (Valladares *et ál.,* 2005). Por ejemplo, en las últimas décadas se han observado ascensos del límite superior de los bosques de *Fagus sylvatica,* el cual es desplazado por *Quercus ilex* en su límite inferior (Peñuelas y Boada, 2003), o un incremento de la superficie en que coexisten *Fagus sylvatica* y *Pinus sylvestris* (Hernández *et ál.,* 2014). De igual forma, el límite inferior del bosque delimitado por la aridez se verá desplazado por ecosistemas de tipo matorral, más tolerantes a la sequía.

Peñuelas *et ál.* (2017) revisaron los impactos del cambio climático en los ecosistemas terrestres de la región mediterránea principalmente con experimentos de manipulación climática *in situ* a largo plazo y sitios de campo monitoreados en Cataluña (NE de España). Se han descrito cambios genéticos, epigenéticos y metabolómicos rápidos en las plantas, si bien algunos de estos cambios no se han observado en estudios similares (Torres *et ál.,* 2018). Estos cambios, cuando se han producido, han resultado en transformaciones en la morfología, fisiología, crecimiento, reproducción y mortalidad. Algunas especies son más vulnerables a estos cambios que otras, lo que ha alterado su capacidad competitiva y, por lo tanto, se ha modificado la composición de la comunidad microbiana del suelo vegetal y animal. Se ha observado también un aumento en la emisión de compuestos orgánicos volátiles biogénicos o un mayor riesgo de incendio y una disminución en la absorción de CO_2 en periodos de sequía. El aumento proyectado de las lluvias torrenciales introduce un escenario de cambios inciertos en los ciclos de nutrientes, la fertilidad del suelo y los flujos de nutrientes a medio y largo plazo. Todos estos cambios en la disponibilidad de agua y nutrientes sugieren, sin embargo, pérdidas netas en la capacidad de los bosques y matorrales mediterráneos para actuar como sumideros de carbono. El fuego es un factor ecológico dominante en los ecosistemas mediterráneos, y los cambios en el régimen de incendios pueden tener consecuencias importantes para la estabilidad de los paisajes. Se ha observado una ligera tendencia a la disminución de las precipitaciones de verano y un claro patrón de aumento de las temperaturas anuales y estivales (Pausas, 2004). La actividad de los incendios ha disminuido en las últimas décadas en toda España y en la mayoría de las provincias, pero los factores de riesgo de incendio han aumentado. Los incendios forestales están quemando zonas preferentemente sin árboles. Esta disminución de la actividad de los incendios coincide con el aumento de los recursos de supresión de incendios (Urbieta *et ál.,* 2019).

Hay preocupación sobre si la función del bosque y su estructura se recuperarán de los impactos relacionados con la sequía, que se espera que aumente con el calentamiento global. Las condiciones extremadamente secas afecta o afectaron negativamente al crecimiento de un gran bosque de *Pinus pinaster* (aproximadamente 7.500 ha) en el sur de Europa durante una de las décadas más secas de los últimos 70 años (es decir, 1942-1952) (Madrigal-González *et ál.,* 2017). También el reclutamiento de árboles fue afectado durante la sequía y disminuyó ligeramente la supervivencia en la década posterior a la misma (Madrigal-González *et ál.,* 2017).

Se han propuesto varias estrategias de adaptación y mitigación para contrarrestar los impactos del cambio climático para los ecosistemas forestales. Sin embargo, la implementación efectiva de tales estrategias requiere de una comprensión clara de cómo el cambio climático influirá en la distribución futura de los ecosistemas forestales. Correia *et ál.* (2018) predijeron áreas ambientalmente adecuadas para bosques de alcornoque (*Quercus suber*), un ecosistema forestal de importancia socioeconómica protegido por la Directiva de Hábitats de la Unión Europea (Correia *et ál.,* 2018). Pueden perderse hasta el 40 % de las áreas actuales de alcornoque, principalmente en el norte de África y el sur de la Península Ibérica hacia el 2070. Se prevé que casi el 90 % de los nuevos rodales de alcornoque perderán su idoneidad para finales de siglo, pero las plantaciones futuras pueden aprovechar la creciente idoneidad en el norte de la Península Ibérica y Francia. Los impactos previstos de las fronteras entre países muestran que se requerirá una estrategia multinacional para la adaptación del bosque de alcornoque al cambio climático. Dicha estrategia debe ser ajustada regionalmente, presentando la protección de los refugios en las áreas del sur y estimulando el manejo forestal sostenible en áreas que mantendrán la idoneidad a largo plazo. Los esfuerzos de forestación también deberían promoverse, pero deben considerar la idoneidad ambiental y los problemas de competencia por el uso de la tierra.

En la zona mediterránea de Chile se ha documentado que el aumento de los periodos de sequía trae severas consecuencias en determinadas funciones ecosistémicas que afectan a la fertilidad del suelo, como la fijación biológica del nitrógeno y las tasas de mineralización y desnitrificación (Pérez *et ál.,* 2018). Asimismo, se ha establecido que los años excepcionalmente secos traen como consecuencia una disminución en el incremento del grosor de los árboles de los bosques templados australes, subantárticos y de la zona mediterránea de Chile (Suárez *et ál.,* 2004; Pérez *et ál.,* 2009; Walter *et ál.,* 2016; Rodríguez-Catón *et ál.,* 2016; Venegas-González *et ál.,* 2018), deteriorando la productividad del ecosistema.

Asociado a una prolongación de la sequía estival se encuentra un aumento en el riesgo de incendios forestales (ver también **Capítulo 12**). En algunos ecosistemas el fuego es una perturbación recurrente a la que estos están adaptados (Keeley *et ál.,* 2011), si bien una modificación del régimen de incendios puede suponer una pérdida de resiliencia. Además, el riesgo de incendio está aumentando también en ecosistemas donde el fuego no es una perturbación habitual (Aragão *et ál.,* 2007) y para los que hasta el momento no existen estudios que permitan evaluar su grado de resiliencia a los incendios.

Con respecto a los bosques tropicales, existe un considerable interés en comprender el destino de la Amazonia durante el próximo siglo frente al cambio climático, los crecientes niveles de CO_2 en la atmósfera, la transformación de la tierra en curso y los regímenes de incendios cambiantes en la región (Zhang *et ál.,* 2015). Bajo la proyección climática más seca, se prevé que el cambio climático por sí solo reducirá la cubierta forestal amazónica en un promedio del 14 %. El impacto relativo del uso del suelo y la dinámica del fuego en comparación con el clima y el impacto del CO_2 varían considerablemente, dependiendo del clima y el escenario de uso del suelo, y del modelo de biosfera terrestre utilizado, destacando la importancia de una mejor comprensión cuantitativa de los cuatro factores.

En América del Sur, la mayoría de los estudios sobre los efectos del cambio de uso del suelo en el clima local y regional se han centrado en la región amazónica, mientras que los cambios de uso en regiones no amazónicas son escasos a pesar de su importancia potencial para regular el clima regional. En estas se advierten mayores tasas de deforestación y evidencias que muestran que la pérdida de estos ecosistemas causa reducciones significativas en las precipitaciones y aumentos en las temperaturas de la superficie, con impactos ocasionales que afectan a las áreas vecinas o remotas (Salazar *et ál.,* 2015).

3.2.2.3. Ecosistemas estacionales y áridos

Los ambientes áridos son de especial vulnerabilidad por encontrarse en el límite de su nivel de precipitación, además de sufrir fuertes presiones de otros tipos por cambios en los usos del suelo que incrementan la fragmentación y la vulnerabilidad a factores climáticos. En ecosistemas áridos del sur de España se ha observado una fuerte disminución y pérdida de servicios ecosistémicos por cambios en los usos del suelo, lo que incrementa la vulnerabilidad a factores climáticos (Cabello y Castro, 2012). Maestre *et ál.* (2013) comprobaron experimentalmente que el calentamiento y la sequía en zonas áridas provocan reducciones drásticas de la costra biológica que disminuyen su capacidad de secuestrar CO_2 atmosférico.

La Caatinga en el Nordeste de Brasil está muy amenazada debido a estar expuesta a la conversión de tierras para el rancho agrícola y ganadero. Las proyecciones climáticas predicen aumentos en la aridez, lo que podría representar un riesgo adicional para el bioma. Existe una fuerte evidencia de que el cambio climático está interactuando de forma negativa con la pérdida de hábitats y contribuyendo sinérgicamente a la degradación de la diversidad biológica. El análisis por ecorregiones de Watson *et ál.* (2013) señala el este de América del Sur como una de las ecorregiones más vulnerables a nivel mundial, teniendo en cuenta la estabilidad climática futura y la proporción de vegetación natural, entre otros factores. Bajo escenarios de cambio climático, la biomasa de la vegetación nativa de Caatinga y el *stock* de carbono orgánico del suelo disminuirían a lo largo de este siglo, incluso sin transformar la vegetación a agricultura y ganadería (Althoff *et ál.,* 2016).

3.2.2.4. Ecosistemas acuáticos continentales

Las condiciones de variabilidad climática asociadas al fenómeno de El Niño (para más detalles sobre el fenómeno ver

Capítulo 1) pueden afectar directamente a la frecuencia del denominado pulso hidrológico, lo que repercutiría en el transporte y almacenamiento de agua y sedimentos, así como en los procesos biológicos y biogeoquímicos que tienen lugar en las unidades hidrológicas formadas por los ríos y sus llanuras de inundación (Junk, 2001). Hasta el momento se conoce poco sobre la vulnerabilidad de los bosques amazónicos de bajura y no existen estudios previos sobre los efectos de las sequías e inundaciones severas en estos ecosistemas (Gloor *et ál.,* 2013; Honorio Coronado y Draper, 2017).

Sin embargo, un estudio reciente demostró que poblaciones de animales silvestres en la Reserva Natural de Pacaya Samiria (Perú) fueron diezmados a causa de las severas inundaciones de 2009, seguidas por las inundaciones consecutivas de 2011 a 2014 —con la mayor de ellas registrada en 2012 y vinculada al ciclo de La Niña— (Espinoza *et ál.,* 2013; Bodmer *et ál.,* 2017). Durante ese periodo, numerosos mamíferos terrestres desaparecieron, estimando la pérdida en 1,5 millones de individuos —pecarí, venado, grandes roedores y edentados— debido a su alta dependencia de zonas secas para la caza (Bodmer *et ál.,* 2014; Honorio Coronado y Draper, 2017). Los mismos autores señalan que las sequías ocurridas en 2010 hicieron declinar las poblaciones de peces, delfines y aves zancudas, y que este tipo de eventos está poniendo en peligro los medios de vida y la seguridad alimentaria de las comunidades cocamas que habitan las zonas de bosques inundables (ver **Capítulo 2**).

Es importante comprender la dinámica que presentan los humedales de bosques inundables, ya que estos reflejan las fluctuaciones climáticas y sus impactos. La interfaz terrestre y acuática entre las estaciones más húmedas y secas los hace sensibles a mayores variaciones estacionales (Hamilton *et ál.,* 2002; Bodmer *et ál.,* 2017).

Por otro lado, el análisis de los pulsos de inundación en la cuenca baja del río San Pedro en México (Hernández-Guzmán *et ál.,* 2016) señala que el patrón del pulso hidrológico puede variar en función de la intensidad y la duración de la época lluviosa, y ocasionalmente por la influencia de huracanes y tormentas tropicales. Además de ello, el ciclo anual del nivel del mar en muchos puntos del Pacífico mexicano presenta sus valores más altos en el verano, aumentando el riesgo de inundación en ese periodo (Zavala-Hidalgo *et ál.,* 2010; Hernández-Guzmán *et ál.,* 2016).

En Costa Rica, los cambios en la disponibilidad de las aguas superficiales (Hannah *et ál.,* 2017) afectan principalmente a los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento en la región. Con respecto al recurso hídrico, Imbach *et ál.* (2012) afirman que existen posibles reducciones de la escorrentía (20 %) que se reflejarán en el 61 % de la región, e Hidalgo *et ál.* (2013) esperan que se presenten más sequías (Hannah *et ál.,* 2017).

Desde las últimas seis décadas los ecosistemas dulceacuícolas del centro y sur de Chile se ven afectados por la tendencia al decrecimiento de las precipitaciones (Quintana y Aceituno, 2012; ver también el **Capítulo 6**), lo cual puede traer drásticas consecuencias en las funciones ecosistémicas terrestres y acuáticas, que están empezando a ser evaluadas.

El deshielo acelerado en los glaciares de la Patagonia y los Andes reducirá las capacidades de almacenamiento de agua y de retención de caudales pico de los ríos con su área de captación en zonas andinas. Sumando esto a una mayor periodicidad en la precipitación —prevista para muchas zonas de Sudamérica— y eventos El Niño y La Niña (ENOS) más severos, se espera que el deshielo acelerado de los Andes aumente el riesgo de mayores inundaciones y severos periodos de estiaje en todos los grandes ríos (Rabatel *et ál.,* 2012; Morera *et ál.,* 2017). Las llanuras aluviales y ciénagas dependientes de la lluvia, con una baja capacidad de amortiguación, sufrirán fuertes impactos y en las llanuras aluviales el riesgo de incendios aumentará a causa del mayor estrés por sequía, causando cambios en la composición de las comunidades de plantas y animales.

La pérdida de masas de hielo de los Andes tropicales (Barros y Albernaz, 2014) está teniendo dos tipos de efectos sobre los ecosistemas sensibles como el amazónico. En el corto plazo, esta pérdida causará un aumento en el caudal de los ríos. Sin embargo, este aumento inicial será seguido por un déficit de caudal, además de bajas considerables en el volumen de sedimentos conducidos hacia los ríos del Amazonas. Estos sedimentos son responsables de la enorme productividad de las llanuras aluviales debida a la alta concentración de nutrientes en suspensión presentes en las arcillas. En especial, los bosques que son inundados por aguas claras, cargadas de sedimentos abundantes en nutrientes —provenientes, por ejemplo, de los Andes—, poseen suelos muy enriquecidos, mientras que bosques bajo la influencia de aguas oscuras —formadas en las llanuras aluviales y, por lo tanto, con menor concentración de nutrientes— poseen suelos menos fértiles (Honorio Coronado y Draper, 2017). Por otro lado, la dinámica propia de la erosión y el transporte de sedimentos inciden en la capacidad de almacenamiento de carbono de estos ecosistemas tanto superficial como subterránea *(ibíd.).*

Se puede resumir que los humedales tropicales pueden ser afectados de tres formas distintas por el cambio climático (Mitsch *et ál.,* 2010): cambios en los pulsos hidrológicos en las cuencas altas generando ecosistemas «intermitentes» y nuevas dinámicas ecológicas; cambios en patrones de precipitación local, que se suma a lo anterior, y cambios en temperatura/humedad y respectivos patrones de evapotranspiración influencia del nivel del mar y de tormentas, modificando los humedales costeros.

Las mayores modificaciones se darán en aquellos ecosistemas acuáticos que dependen de la migración de la franja de convergencia intertropical ITCZ, (Bernal Patiño, 2014) (ver **Capítulo 1**), si bien aquellos ubicados en los trópicos continuamente húmedos serán menos afectados. Los humedales sudamericanos más impactados serán aquellos con baja capacidad de amortiguación hídrica, ubicados en la franja templada. Allí, poblaciones enteras de organismos propios

de humedales pueden desaparecer ante un evento de sequía extremo: un año en que se presente un evento de El Niño fuerte, por ejemplo (Alho y Silva, 2012).

La biodiversidad puede verse afectada de varias formas por sequías intensas o inundaciones (Barros y Albernaz, 2014) (ver **Capítulo 5**). Los ecosistemas acuáticos, por su parte, a pesar de que sus especies han demostrado una gran elasticidad ecofisiológica a través de los siglos, enfrentarán cambios de temperatura más rápidos que los experimentados en periodos previos. Esta elasticidad, así como la amplia distribución de las especies de humedal, sin embargo, no evitará pérdidas y cambios en la composición de sus comunidades de organismos (Bond *et ál.,* 2008).

3.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

A continuación, se presentan los principales riesgos identificados para los ecosistemas terrestres y acuáticos en las regiones de los países de la RIOCC. La **Figura 3.2** presenta un resumen de los riesgos, con el factor climático determinante y una evaluación de la importancia y urgencia asociada al riesgo. Las presiones climáticas también pueden afectar a los ecosistemas de manera indirecta cuando los cambios ambientales impulsan a la población a convertir ecosistemas naturales a actividades productivas para compensar la pérdida de una superficie siniestrada o de una actividad productiva con actividades nuevas o aumentando la actividad productiva más segura (Lazos-Chavero *et ál.,* 2018).

3.3.1. Ecosistemas terrestres

En los ecosistemas terrestres, la sequía es uno de los principales factores limitantes del crecimiento y el reclutamiento de los árboles (Herrero y Zamora, 2014; Matías *et ál.,* 2012), afectando también a su supervivencia (Koepke *et ál.,* 2010). Diferencias interespecíficas en estos parámetros pueden conducir a cambios en la composición de especies inducidos por la sequía (Suárez y Kitzberger, 2008). El calentamiento puede adelantar la actividad en animales y plantas, que son así más vulnerables a heladas tardías, y se pueden producir importantes desincronizaciones en las interacciones entre especies como plantas-polinizadores y plantas-herbívoros (Valladares *et ál.,* 2005).

Los cambios en los patrones de precipitación y eventos extremos de sequía están relacionados con los cambios en los regímenes de incendios que están afectando a los ecosistemas en varias regiones de los países de la RIOCC, resultando en una mayor pérdida de biomasa. El aumento previsto en la frecuencia e intensidad de las sequías en muchas regiones (IPCC, 2013; Trenberth *et ál.,* 2014) puede incrementar los efectos negativos en los ecosistemas terrestres, afectando así a algunos de los servicios ecosistémicos que estos proveen, como el reciclaje de nutrientes, la fijación de CO_2 o la regulación del ciclo del agua.

Varias interacciones generan nuevos impactos: la sequía y los cambios en el uso del suelo, entre otros, alteran los recursos hídricos y conducen a la degradación de la tierra, la disminución de la regeneración de la vegetación y la expansión de las enfermedades forestales. Finalmente, diferentes factores pueden ocurrir solos o simultáneamente, lo que lleva a un mayor aumento en el riesgo de incendios, invasiones biológicas e incrementos en plagas forestales que incluyen defoliadores, muérdago y patógenos (CONAFOR, 2017).

3.3.1.1. Ecosistemas montanos

Hay evidencia de una rápida retirada y derretimiento de los glaciares andinos en la República Bolivariana de Venezuela, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y el Estado Plurinacional de Bolivia, que han perdido entre un 20 % y un 50 % de su superficie, en su mayoría desde finales de 1970, a medida que han ido aumentando las temperaturas (Magrin *et ál.,* 2014; Bradley *et ál.,* 2009). El glaciar Cotacachi en Ecuador ya ha desaparecido, y esto ha tenido impactos en los ecosistemas naturales y manejados (Vergara *et ál.,* 2009). En Colombia, la capa de hielo en el volcán Santa Isabel se ha reducido en un 44 %. En Chile, el glaciar San Quintín también se está reduciendo rápidamente (UNEP/CEPAL/GRID-Arendal, 2010) (ver **Capítulo 6**).

El derretimiento acelerado de los glaciares de la cordillera de los Andes puede generar por sí mismo grandes aluviones y grandes inundaciones por el reventón de lagos glaciares (*glacial lake outburst flood*) (Dussaillant *et ál.,* 2010, Palmer, 2017), causando una total destrucción de poblados y ecosistemas a su paso. Asimismo, se ha documentado un alto riesgo de avalanchas de nieve en áreas premontanas y montañosas en donde los bosques nativos pueden cumplir un servicio ecosistémico clave en la prevención del riesgo de desastres naturales, como es el caso de la Reserva de la Biosfera Nevados de Chillán (Casteller *et ál.,* 2017; Cortés-Donoso, 2017).

3.3.1.2. Bosques templados, subtropicales y tropicales

La reducción de los bosques de coníferas en México está asociada a los cambios proyectados de temperatura y precipitación (UK Met Office, INECC, 2013). Algunos estudios más sugieren pérdidas de cobertura forestal sobre todo en zonas templadas (Villers y Trejo, 1998), y pérdidas del 35 % de las selvas y del 18 % de los bosques (Manson y Jardel, 2009).

Los bosques en Centroamérica y el Caribe están compuestos de bosque latifoliado maduro, bosque de coníferas, bosque mixto, bosque de mangle, bosque o matorral seco y bosque latifoliado invertido. Estos representan el 40 % de la cobertura total forestal de la región y su mayor concentra-

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Riesgo de megaincendios forestales. Los cambios en los patrones de precipitación y eventos extremos de sequía están relacionados con los cambios en los regímenes de incendios que afectan a los ecosistemas en Iberoamérica, resultando en mayor pérdida de biomasa y extensión de bosques.				
Riesgo de desplazamiento de los bordes entre biomas. Los ambientes áridos son de especial riesgo por encontrarse en el límite de su nivel de precipitación. Además, sufren fuertes presiones de otros tipos por cambios en usos del suelo que incrementan la fragmentación y la vulnerabilidad a factores climáticos.				
Riesgo de pérdida de producción primaria en sistemas naturales y gestionados por incremento en la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos y climáticos extremos. Consecuencias a corto plazo son resultantes de una producción reducida y efectos a más largo plazo son debidos a la degradación. En algunos casos, la combinación de sequía, sobreexplotación y especies invasoras resulta en daños irreversibles.				
Riesgo de reducción de las poblaciones arbóreas por la sequía que limita el crecimiento, reduce el reclutamiento y aumenta la mortalidad. Las condiciones de calentamiento pueden exacerbar los efectos sobre algunos de los servicios ecosistémicos que estos proveen, tales como el ciclado de nutrientes, la fijación de CO_2 o la regulación del ciclo del agua.				
Riesgo de pérdidas en las poblaciones animales y vegetales por heladas tardías debido al calentamiento que puede adelantar la actividad en animales y plantas. Se pueden producir importantes desincronizaciones en las interacciones entre especies, como plantas-polinizadores y plantas-herbívoros.				
Riesgo de pérdida de hábitats extremos en los ecosistemas de montaña debido a su naturaleza disyunta por calentamiento. El calentamiento afecta de forma desproporcionada a los paisajes de montaña, reconocidos como altamente vulnerables al cambio climático en comparación con las regiones de tierras bajas. Los ecosistemas más amenazados son el páramo pluvial subalpino y el bosque seco premontano.				
Riesgo de pérdida de hábitats en los sistemas acuáticos y palustres dependientes de glaciares debido al deshielo de estos. Pérdida de masa de los glaciares a un ritmo acelerado con importantes consecuencias para la disponibilidad local de agua y los ciclos hidrológicos regionales, incluyendo el suministro de agua para las tierras bajas adyacentes y más secas.				
Riesgo de pérdida de los glaciares que, en asociación con los cambios de uso del suelo, está contribuyendo a un mayor riesgo de inundaciones de lagos glaciares, humedales degradados y hábitats de pastizales, así como arroyos glaciares altamente acidificados. La importancia de los humedales alpinos va más allá del almacenamiento y la purificación del agua. Proporcionan un hábitat crítico para una variedad de especies de vida silvestre y plantas endémicas.				

Figura 3.2. Principales riesgos identificados en el ámbito de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales. *(Continúa en la página siguiente).*

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Riesgo de pérdida de funcionalidad de los sistemas acuáticos por cambios en los pulsos hídricos. El cambio climático está afectando al pulso hidrológico de ríos y humedales, e impactando en la biodiversidad y los medios de vida. El diagnóstico previsible sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas de aguas continentales es un aumento de la temporalidad del flujo de agua y la intensificación de fenómenos hidrológicos extremos.				
Riesgo de pérdida de hábitats en sistemas expuestos a huracanes o inundaciones por exceder los regímenes de perturbación en su intensidad frente a las condiciones anteriores. Condiciones extremas y aumento de eventos catastróficos, como huracanes o inundaciones, podrían llegar a rebasar los umbrales fisiológicos de numerosas especies y afectar en consecuencia a las funciones ecosistémicas en las que estas especies participan.				



Figura 3.2. Principales riesgos identificados en el ámbito de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales. Fuente: elaboración propia. *(Continuación).*

ción se localiza en Honduras, Costa Rica y Belice (REDD/CCAD-GIZ, 2015). Jiménez *et ál.* (2009) prevén que las superficies de bosque más afectadas estarán entre los pisos altitudinales premontano y montano, con cambios entre el 36,1 % y el 62,7 % de su área. La evolución general de los bosques se direcciona hacia pisos altitudinales más altos y se explica por la disminución esperada de las precipitaciones y el aumento de la temperatura en la región (Hannah *et ál.*, 2017). Por ejemplo, áreas catalogadas como muy húmedas pasarían a ser húmedas, y áreas húmedas pasarían a ser secas. Se espera que los ecosistemas más amenazados sean el páramo pluvial subalpino (cambios en el 78,8 % de su área) y el bosque seco premontano (cambios en el 62,7 % de su área) (Jiménez *et ál.*, 2009).

Las consecuencias del cambio climático proyectadas sobre la distribución de los bosques tropicales y sabanas —dos biomas predominantes en América del Sur— con escenarios climáticos a partir de 15 modelos climáticos (Salazar *et ál.*, 2007) indican una reducción de las áreas de bosque tropical que serían reemplazadas por sabanas. Esta reducción de los bosques tropicales aumenta con el tiempo hasta fines del siglo *xxi*, principalmente en el sudeste de la Amazonia. Teniendo en cuenta los cambios en el bioma de la vegetación potencial actual en el caso de que al menos el 75 % de los cálculos coincidan con el cambio del bioma proyectado (consenso), la disminución del área con condiciones climáticas de bosque tropical en América del Sur es del 3 % para el período 2020-2029, 9 % para 2050-2059 y 18 % para 2090-2099 para el escenario de emisiones más elevadas.

El bosque atlántico neotropical en el sudeste de América del Sur soporta una de las riquezas de especies y tasas de endemismo más altas del planeta, pero también ha sufrido una gran pérdida de cobertura y presenta una sensibilidad considerable a los cambios en el clima por su estratificación por la altitud. Las especies endémicas de esta área candente (*hotspot* de biodiversidad) no encontrarán refugio por los cambios del ambiente, ya que no tienen hacia dónde subir más allá de las zonas escarpadas en sus tierras características, con elevada vulnerabilidad a la extinción local (Scarano y Ceotto, 2015). Ribeiro *et ál.* (2009) indicaron que más

del 80 % de los fragmentos son < 50 ha, casi la mitad del bosque restante está a < 100 m de sus bordes, la distancia promedio entre los fragmentos es grande (1.440 m) y las reservas naturales protegen solo el 9 % el bosque restante y el 1 % del bosque original.

3.3.1.3. Ecosistemas estacionales y secos

Los ambientes áridos son de especial riesgo por encontrarse en el límite de su nivel de precipitación. Además, sufren fuertes presiones de otros tipos por cambios en los usos del suelo que incrementan la fragmentación y la vulnerabilidad a factores climáticos.

La naturaleza transicional de la cuenca del Mediterráneo entre climas templados y áridos implica un riesgo de cambio irreversible del ecosistema hacia estados más áridos. Sin embargo, las combinaciones entre factores conducen a una alteración impredecible del ecosistema que va más allá de las consecuencias particulares de la sequía (Doblas-Miranda *et ál.,* 2017).

Los modelos climáticos sugieren que el calentamiento global podría traer condiciones más cálidas y secas a México, sobre todo en el norte del país (UK Met Office, INECC, 2013). Aunque algunos modelos proyectan aumentos de precipitación, en la mayoría de los casos no compensan los aumentos en la evaporación potencial. Por lo tanto, la humedad del suelo y la disponibilidad de agua pueden disminuir en gran parte de México, con graves consecuencias para los ecosistemas (Wehner *et ál.,* 2011; Cavazos *et ál.,* 2013). El noroeste de México (zona de vida de estepas secas) se encuentra entre las regiones más vulnerables del país al cambio climático. En particular, bajo escenarios de calentamiento global, se espera que los estados de Baja California y Sonora muestren los mayores aumentos de temperatura en el transcurso de este siglo (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012).

Los ecosistemas secos o con sequías estacionales (como pastizales secos, matorrales, sabanas y desiertos fríos y cálidos) cubren el 33 % del área total en América del Sur (Yahdjian y Sala, 2008). El cambio climático afecta negativamente a esos ecosistemas de dos maneras: reduciendo la disponibilidad promedio de agua y aumentando la variabilidad de la precipitación. Se espera que los aumentos previstos en la frecuencia e intensidad de eventos extremos afecten a la precipitación efectiva y a la producción primaria. Los aumentos en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, donde los años secos sean más comunes y aún más pronunciados, pueden provocar una mayor variabilidad de producción entre años, con consecuencias negativas en la producción de forraje y en la estabilidad de la producción ganadera. Las sequías extremas tienen consecuencias a corto plazo resultantes de una producción reducida y del efecto a más largo plazo del sobrepastoreo. En algunos casos, la combinación de sequía y sobrepastoreo ha resultado en daños irreversibles cuando los ecosistemas han cambiado a otro estado (Yahdjian y Sala, 2008).

3.3.2. Ecosistemas acuáticos

El cambio en la temperatura del agua incide sobre la solubilidad del oxígeno. De darse un aumento en la temperatura del agua junto a la alta demanda de oxígeno que hay en las llanuras aluviales, la concentración de oxígeno puede reducirse. Esto puede generar episodios hipóxicos o anóxicos que pueden ser devastadores para muchos ecosistemas, causando mortandad en masa, extinción de comunidades bentónicas, declive en la producción de las pesquerías y pérdidas de biodiversidad (Almeida-Val *et ál.,* 2006; Barros y Albernaz, 2014).

El patrón estacional de variación de caudal de los ríos está volviéndose cada vez menos previsible como consecuencia del cambio climático. Hasta hoy, el carácter regular y previsible de este patrón estacional —conocido como pulso hidrológico— ha sido considerado el responsable de la existencia, productividad y adaptación de la biota a las fases secas y acuáticas de humedales y llanuras aluviales. El cambio climático está afectando al pulso hidrológico de ríos y humedales, impactando en la biodiversidad y los medios de vida. El diagnóstico previsible sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas de aguas continentales es un aumento de la temporalidad del flujo de agua y la intensificación de fenómenos hidrológicos extremos. Los ríos de orden menor sufrirán fuertes cambios de caudal y de pulso hidrológico entre las épocas seca y lluviosa, así como fuertes oscilaciones de dicho pulso durante eventos de lluvia extremos. Por tanto, en zonas con estaciones secas más extensas, estos ríos menores pueden dejar de ser permanentes y volverse intermitentes afectando drásticamente a la biodiversidad.

La pérdida de los glaciares y los cambios de uso del suelo están contribuyendo a un mayor riesgo de inundaciones de lagos glaciares, humedales degradados y hábitats de pastizales, así como arroyos glaciares altamente acidificados. La importancia de los humedales altoandinos va más allá del almacenamiento y la purificación del agua. Proporcionan un hábitat crítico para una variedad de especies de vida silvestre y plantas endémicas (Ruthsatz, 2008, 2012).

Por su parte, la elevación del nivel del mar afectará a los humedales a lo largo de las partes bajas de muchos de los ríos más grandes por extensión de los impactos de las mareas río arriba, modificando así la flora y la fauna.

De subir el mar 100 cm, la mitad de los humedales designados como de importancia internacional por la Convención de Ramsar estarían en peligro (Nicholls, 2004). De igual forma, si el ascenso del nivel del mar no es acompañado por la acumulación vertical de sedimentos, las ciénagas costeras y manglares se desintegrarían gradualmente producto de una mayor inundación y erosión y por no disponer de espacio para desplazarse tierra adentro. Sin embargo, aún existe poca información sobre la relación entre ecosistemas costeros y pulsos hidrológicos (Hernandez-Guzmán *et ál.,* 2016).

Para la Península Ibérica, las últimas proyecciones muestran que los escenarios de cambio climático más extremos

son cada vez más probables (Koutroulis *et ál.,* 2018). Se prevé que la disminución de las precipitaciones y el aumento de la temperatura no solo reducirán la cantidad de agua disponible, sino que intensificarán la competencia por el agua entre distintos sectores productivos (IPCC, 2014). Los ecosistemas de aguas continentales (ríos, lagos y humedales) y los servicios ecosistémicos que proveen se ven particularmente afectados. De hecho, la evaluación de los ecosistemas del milenio llevada a cabo en España en el año 2011 (EME, 2011) detectó que el 67,8 % y el 65 % de los 22 servicios ecosistémicos proporcionados por humedales de interior y ríos y riberas españoles, respectivamente, se estaban degradando o usando de manera insostenible, siendo los de regulación y los culturales relacionados con el conocimiento y gestión local los más perjudicados. Resultados similares se obtuvieron en la evaluación realizada en Portugal para los ecosistemas acuáticos de interior (Pereira *et ál.,* 2009). El último informe del IPBES para Europa y Asia Central (IPBES, 2018b) señala explícitamente que los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y las contribuciones de la naturaleza a la sociedad se están incrementando rápidamente y en un futuro próximo serán uno de los conductores de cambio más importantes.

Los efectos del cambio climático sobre las comunidades biológicas y los procesos ecológicos están bien documentados (por ejemplo, Palmer *et ál.,* 2009; Acuña y Tochner, 2010; Benitez-Gilabert *et ál.,* 2010; Aldous *et ál.,* 2011; Boyero *et ál.,* 2011). En relación con las comunidades biológicas, se espera una disminución, e incluso desaparición, de especies endémicas de invertebrados adaptadas al frío (criófilas) y una mayor colonización y dispersión de especies termófilas (Bruno *et ál.,* 2019). Además, el calentamiento de las masas de agua puede limitar en pocas décadas la distribución de las comunidades piscícolas, sobre todo en los tramos bajos de los ríos (Almodovar *et ál.,* 2012). En cuanto a los procesos ecológicos, el aumento de la temperatura del agua incrementará la producción primaria, que junto con una mayor cantidad de nitratos y de carbono orgánico particulado y disuelto procedentes de la cuenca, favorecerá el desarrollo de comunidades bacterianas (Alvarez *et ál.,* 2005) y activará el metabolismo interno del carbono orgánico (Acuña y Tochner, 2010), acelerando los procesos de descomposición del material orgánico.

3.4. Actividades de adaptación planificada

Las medidas de adaptación para los ecosistemas deben incluir acciones para reducir la exposición a factores de estrés no climáticos, especialmente la recuperación de vegetación nativa y el establecimiento de áreas protegidas, actuaciones para promover la utilización de escenarios futuros de cambio climático durante el desarrollo y planificación de políticas de conservación de uso sostenible.

La adaptación basada en los ecosistemas (AbE) aparece como una posibilidad que reúne la adaptación al cambio climático y la gestión de áreas naturales. Los ecosistemas naturales protegidos son fundamentales para aumentar la resiliencia de la biodiversidad y de la sociedad frente a los impactos causados por el cambio climático. Dichos ecosistemas tienen más capacidad de resistencia y resiliencia cuando se ven afectados por situaciones climáticas extremas, además de proporcionar una amplia gama de beneficios de los que depende la humanidad, conocidos como servicios ambientales. A pesar de este papel predominante, los estudios que informan sobre los cambios en el clima y las alternativas de adaptación basadas en los ecosistemas naturales siguen siendo escasos (Fundação Grupo Boticario, 2015).

A continuación, se presentan algunas experiencias de países iberoamericanos con el diseño e implementación de planes de adaptación en diferentes escalas para el sector de ecosistemas y biodiversidad, así como ejemplos de adaptación basada en los ecosistemas (**Figura 3.3**).

Sin embargo, es importante señalar que mientras los planes nacionales de adaptación han avanzado en la estrategia gubernamental para la adaptación al cambio climático, las medidas, los instrumentos y los programas existentes aún no reflejan la visión socioecológica necesaria para entender la vulnerabilidad integrada de los ecosistemas y las poblaciones humanas asociadas a ellos. La coordinación de las Administraciones y el avance en la gestión adaptativa del manejo de los ecosistemas son aún poco significativos. Las brechas principales que se han documentado son la falta de recursos financieros estables y la escasez de conocimiento científico sobre la problemática de adaptación de los ecosistemas frente al cambio climático.

3.4.1. Escala supranacional

Los impactos del cambio climático descritos hasta el momento son una «muestra de la vulnerabilidad de los ecosistemas para continuar generando servicios ecosistémicos en la calidad y cantidad acostumbradas» (Maglianesi, 2016). En respuesta a esta vulnerabilidad se han desarrollado enfoques como la adaptación basada en ecosistemas (AbE), que combinan el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para la conservación, restauración y el manejo sostenible de los ecosistemas (Conservation International, 2018). Algunas de las actividades desarrolladas bajo el enfoque de AbE son: i) conservación y establecimiento de áreas protegidas, ii) corredores ecológicos, iii) conservación de semillas, y iv) integración de la comunidad para el establecimiento de sistemas agropecuarios, entre otros (Noble *et ál.,* 2014; UICN, 2012), citados en Magrin, 2015.

En América Central y el Caribe existen iniciativas de AbE. A continuación, se presentan algunas de ellas:

1) Cambio de sistema en la tala y quema y conversión a la agrosilvicultura, liderado por la FAO junto con los Gobiernos de Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador,

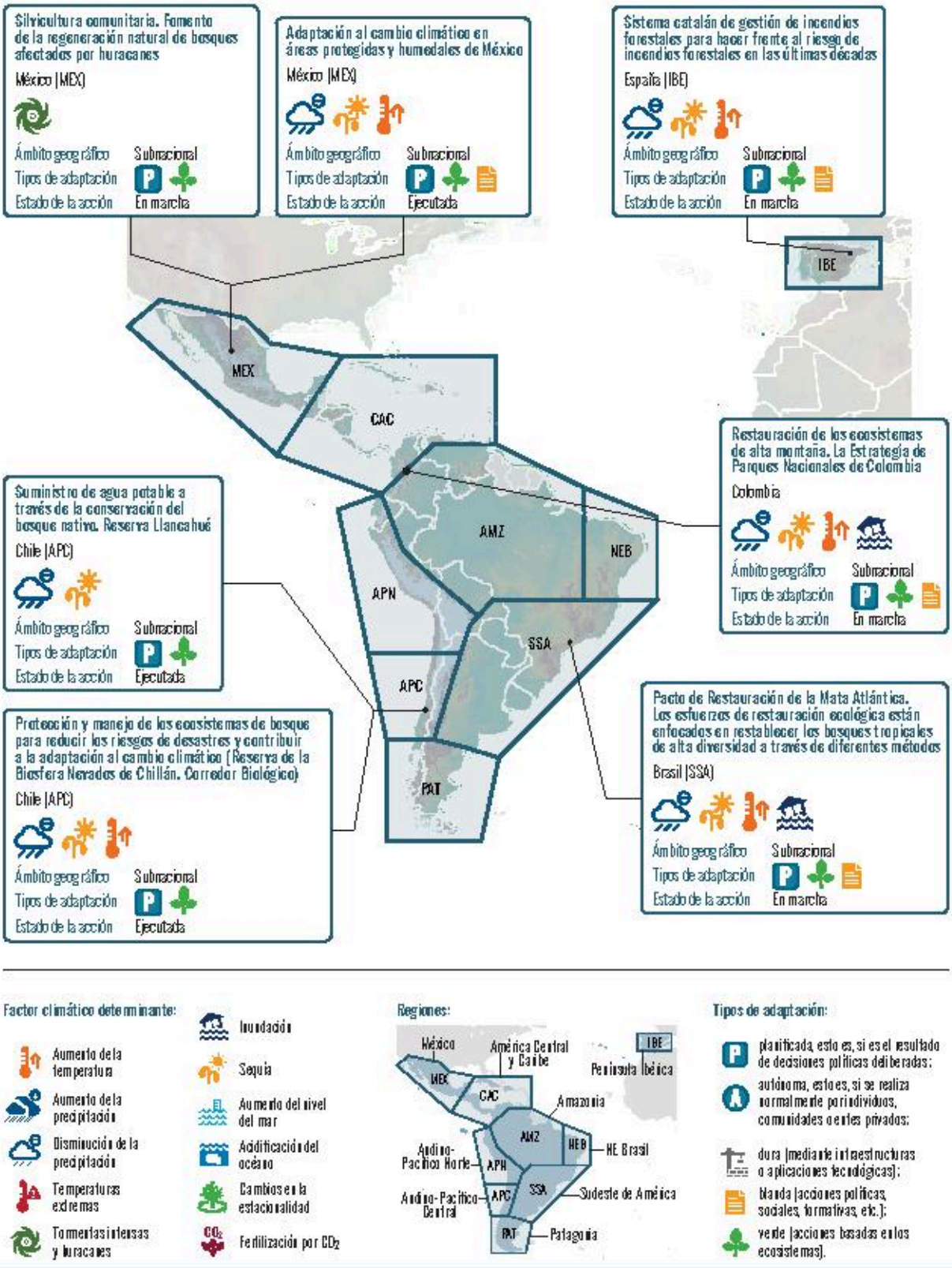


Figura 3.3. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales.
Fuente: elaboración propia.

desde el año 2000. Con este proyecto se quiere reemplazar el sistema tradicional de tala y quema e implementar los sistemas agroforestales, que son considerados más eficientes y resilientes (Magrin, 2015).

2) Café y Agricultura de Subsistencia en Centroamérica y la Adaptación basada en Ecosistemas (CASCADA), liderado por Conservation International (CI) y CATIE con la colaboración del Centre de Coopération Internatinale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) y Biodiversity International. El objetivo de esta iniciativa es contribuir a la adaptación al cambio climático de los métodos productivos de los pequeños agricultores mediante la identificación e implementación de estrategias de AbE en países como Costa Rica, Honduras y Guatemala (Magrin, 2015).

3) Community-based Risk Screening Tool. Adaptation and Livelihoods (CRiSTAL) (Herramienta para la Identificación Comunitaria de Riesgos. Adaptación y Medios de Vida) es un instrumento de evaluación que ayuda a integrar la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático en proyectos a nivel comunitario por parte de quienes los planifican y administran. Este proyecto incluye a países como Costa Rica, República Dominicana, Guatemala, Haití, Honduras y Nicaragua (Magrin, 2015).

Los posibles impactos del cambio climático descritos evidencian los efectos negativos en cuanto a la pérdida de ecosistemas y especies endémicas únicas de la región. Lo anterior hace necesario un abordaje integral con acciones a escala territorial a través de enfoques como la AbE, ya que las consecuencias a nivel regional y global son, en su mayoría, irreversibles. Es importante considerar que en Centroamérica y el Caribe gran parte de sus sistemas productivos se basan en la agricultura y en el uso de los recursos naturales y, adicionalmente, que los impactos esperados trascenderán de manera importante a las esferas económicas y sociales. Por tal razón, se hace necesaria la implementación de estrategias participativas (comunidades, gobiernos, organizaciones, etc.) de adaptación que promuevan un desarrollo resiliente al cambio climático en la región.

3.4.2. Escala nacional

A continuación, se indican algunos ejemplos de actividades de adaptación planificada a escala nacional, por países.

3.4.2.1. Brasil

Brasil ha tomado la delantera en el diseño e implementación de políticas climáticas en Latinoamérica con la adopción del Plan Nacional de Cambio Climático (PNMC) en 2008 y su ley de cambio climático, la Política Nacional sobre Cambio Climático, en 2009. Estas regulaciones definieron los objetivos, sectores prioritarios para mitigación y adaptación y mecanismos financieros necesarios. Los sistemas de uso del suelo, la agricultura y la silvicultura están en el centro de estas políticas, debido a su vulnerabilidad al cambio climático, así como su contribución potencial a los esfuerzos de mitigación. En 2016, Brasil lanzó su primer Plan Nacional de Adaptación (PNA). El proceso del PNA de Brasil implicó amplias consultas con los participantes, incluidas 18 organizaciones federales, comunidades científicas, comunidades tradicionales y el sector privado. El Ministerio del Medio Ambiente organizó 197 reuniones técnicas y recibió más de 500 contribuciones en dos procesos de consulta pública. La implementación del PNA implica los objetivos a mediano plazo establecidos para 2019, aplicando técnicas de adaptación basadas en los ecosistemas en los 11 sectores económicos que aborda el plan. El PNA prevé un ciclo de ejecución de cuatro años, con una importante revisión durante el último año del ciclo actual. El plan describe 24 objetivos y 136 directrices, incluidas estrategias intersectoriales y sectoriales dirigidas a establecer las bases institucionales, metodológicas y científicas para la gestión y la reducción de los riesgos asociados con el cambio climático.

3.4.2.2. Chile

En el año 2014, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) chileno, en su Departamento de Cambio Global, basándose en los lineamientos y estrategias del Plan Nacional de Acción de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC-I, CONAMA, 2008), publicó las bases y estrategias de acción sectoriales en el Plan de Adaptación al Cambio Climático que permitan minimizar los impactos negativos del cambio global en la economía y el desarrollo del país. Los sectores productivos considerados en la actualidad son 9, y uno de ellos es el denominado Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad (MMA, 2014), cuyas líneas de acción se insertan en la problemática de este capítulo. En su objetivo específico n.°4 se explicita la «implementación de medidas de adaptación al cambio climático a nivel de ecosistemas y especies, en ambientes tanto terrestres como marinos». La estrategia de acción se encuentra organizada en 50 medidas representadas en «fichas» en las que se detallan el objetivo de la medida, la cobertura, plazos de implementación, los resultados, posibles fuentes de financiamiento, instituciones responsables y socios colaboradores. De acuerdo con el último informe del Plan de Acción de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC-II, MMA, 2016), de las 50 fichas del PANCCB se han implementado el 37 %. En el presente trabajo se muestran 8 ejemplos (**Tabla 3.1**) de estrategias de adaptación en ecosistemas degradados y vulnerables. Algunos de ellos, como son los casos del Cerro Cayumanque y las Reservas de la Biosfera Nevados de Chillán y Torres del Paine, son parte de las 50 fichas de acción del PANCCB. Sin embargo, existen numerosas iniciativas de reforestación de empresas madereras privadas y de empresas mineras que, como respuesta a exigencias ambientales y a modo de compensación, poseen programas de restauración forestal que incluyen la mantención de viveros y talleres ambientales educativos dirigidos a la comunidad. La información de diversas iniciativas públicas y privadas y aplicadas a dife-

Tabla 3.1. Ejemplos de adaptación de ecosistemas forestales en Chile.

N.°	Nombre	Tipo de bosque	Impacto sobre el ecosistema	Ubicación	Años duración del programa	Adaptación para el ecosistema	Medidas de adaptación de la sociedad	Evaluación/ monitoreo del respectivo programa	Unidad ejecutora principal/ referencias
1	Sierras de Bellavista (La Rufina)	Bosque esclerófilo-deciduo, ciprés de la cordillera	Fuego año 1999; 25.000 ha	34°47'S 70°36'W	1999-2001	Reestablecer flujos hidrológicos, control de la erosión, reducción del riesgo de aluviones, estabilización de laderas.	Capacitación de la población local en labores de conservación de suelos.	Objetivos logrados en un 100 % en estabilización de laderas y control de la erosión. Reforestación con especies nativas; sin embargo, domina la regeneración espontánea de especies arbóreas exóticas.	CONAF; Lemus *et ál.*, 2016
2	Cerro Cayumanque	Siempreverde laurifolio y bosque esclerófilo-deciduo	Fuego año 2012; 28.000 ha	36°42'S 72°31'W	2012-2018	Restauración de ecosistemas y sus servicios. Reforestar 500 ha con especies nativas obtenidas de semillas del mismo sector.	Educación ambiental, talleres escolares. Desarrollar la capacidad de la comunidad local para colaborar en restauración, preservar el ecosistema y prevenir daños futuros.	Hasta septiembre 2017, 60 % de avance en la restauración; 200 ha plantadas con diversas especies de árboles nativos.	INFOR, CONAF, SEREMI-Medio Ambiente
3	Parque Nacional Torres del Paine	Bosque subantártico	Fuego años 2011-2012, 17.606 ha	50°45'S-51°20'S 72°31'-43°22'W	2012-…	Reforestación y restauración de ecosistemas y paisaje.	Actividades y enseñanza de técnicas de reforestación para escolares de colegios de la región. Divulgación en la prensa de estas actividades.	Tasas de establecimiento promedio de un 20-30 % llegando en algunos casos hasta un 80 %. Se ha priorizado en *Nothofagus pumilio,* ya que presenta mayor dificultad en la regeneración (baja resiliencia) en relación con *Nothofagus antarctica.*	CONAF-Región de Magallanes; Larson *et ál.*, 2016
4	Parque Tantauco, Chiloé	Bosque nordpatagónico de *Pilgerodendron uviferum*	Fuego años 1942-1944, uso de leña; 100 ha	43°10'S 74°05'W	2010-2015	Silvicultura sustentable, restauración, reforestación.	En el parque se realizan talleres de enseñanza de la ciencia dirigidos a escolares de la región.	Área de estudio = 20 ha. Evaluación de establecimiento y crecimiento de plántulas con distintos tratamientos silviculturales.	INFOR; Bannister, 2015
5	Cuenca Llancahue	Bosque lluvioso valdiviano	Sustitución del bosque nativo, manejo no sostenible, incendios, pastoreo intensivo; 1.300 ha	39°51'S 73°08'W	2008-…	Recuperación de servicios ecosistémicos (caudal hídrico) y conservación de la biodiversidad a través de una silvicultura sustentable. Los ríos de la cuenca de Llancahue abastecen de agua potable a la ciudad de Valdivia (166.000 habitantes).	Capacitación de las comunidades aledañas en el uso del agua. Educación ambiental. Gestión conjunta del territorio. Manejo coadaptativo de ecosistemas nativos. Componente social en el proyecto.	Indicadores socioeconómicos. Evaluación del flujo y calidad hídricos, bajo distintos manejos silviculturales.	Universidad Austral de Chile; Donoso *et ál.*, 2014

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 3.1. (Cont.). Ejemplos de adaptación de ecosistemas forestales en Chile.

N.°	Nombre	Tipo de bosque	Impacto sobre el ecosistema	Ubicación	Años duración del programa	Adaptación para el ecosistema	Medidas de adaptación de la sociedad	Evaluación/ monitoreo del respectivo programa	Unidad ejecutora principal/ referencias
6	Reserva de la Biosfera Nevados de Chillán. Corredor Biológico	Bosques andinos-patagónicos	Avalanchas, sequía, incendios forestales. Área de la reserva: 565.807 ha	36°50'S 71°23'W	2013-2018	Estudiar de qué forma los bosques nativos protegen de las avalanchas de nieve y deslizamientos de tierra.	Fortalecimiento de capacidades. Comunicación y plataforma de diálogo multisectoriales. Interacción con el conocimiento de los pueblos indígenas.	Las evidencias científicas reportan que el bosque efectivamente protege contra el impacto de las avalanchas; sin embargo, se desconoce si existen programas de restauración en áreas vulnerables a las avalanchas. Se realizó un taller de síntesis dirigido a políticas públicas de los sectores involucrados.	UICN-EPIC; Casteller *et ál.,* 2017; Cortés-Donoso *et ál.,* 2017
7	Bosque Modelo Panguipulli	Bosque siempreverde montano. valdiviano-nordpatagónico	Uso forestal no sostenible; 329.200 ha afectadas	39°30'S-40°S 72°30'W-72°W	2011-2015	Silvicultura adaptada al cambio climático, planificación territorial, preservación de servicios ecosistémicos.	Participación de comunidades indígenas, reforestación con productos forestales nomaderables (árboles melíferos), talleres escolares de educación ambiental.	Se obtienen índices de vulnerabilidad y capacidad de adaptación para los distintos tipos forestales. Se obtienen vulnerabilidad baja, capacidad adaptativa media.	CLIMIFORAD; INFOR; Rojas *et ál.,* 2016
8	Cordillera de Nahuelbuta	Bosque de Araucaria araucana	Fragmentación por tala de bosque, incendios para transformar el uso del suelo, carbón y leña; cosecha inadecuada de semillas; ~ 53 ha	38°29´S 73°15'W	1999-2014	Rehabilitación del bosque de Araucaria a través de la exclusión de herbivoría y establecimiento de plántulas.	Talleres de educación ambiental y capacitación de la comunidad regional en reforestación.	Tasa de sobrevivencia de plántulas de hasta ca. 80 %. Mayor riqueza de especies en los bosques de Araucaria que en las plantaciones de *Pinus radiata.*	Universidad Austral de Chile; Universidad de Temuco, Chile; Cortés Bianchi, 2017

rentes escalas de paisaje, se encuentra disponible *on-line,* mediante un Geoportal, en el Registro Nacional de Iniciativas de Restauración Ecológica y Acciones de Recuperación del MMA. El acceso a este Geoportal se encuentra vinculado a la Red Chilena de Restauración Ecológica en su página web (Restauremos Chile, 2019).

3.4.2.3. México

El Gobierno mexicano ha creado desde 2012 el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012) y la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) para articular las acciones establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Asimismo, dispuso los compromisos de México de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030 en la Cumbre Climática de Nueva York en 2014 (Compromisos 2020-2030). En esos documentos se expresa como una de las prioridades para la adaptación al cambio climático el aumentar la resiliencia de los ecosistemas con las siguientes metas y acciones:

- Llegar a una tasa de deforestación cero para el 2030.
- Impulsar la adquisición, adecuación e innovación para la recuperación de suelos.
- Reforestar cuencas altas, medias y bajas con especies nativas.
- Incrementar la conectividad ecológica y la captura de carbono mediante reforestación y restauración.
- Crear sinergias con acciones REDD+.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México (CONANP) cuenta con la herramienta Guías para la Elaboración de Planes de Adaptación al Cambio Climático (PACC) en Áreas Protegidas (CONANP *et ál.,* 2011). Estas guías describen procedimientos probados que pueden ajustarse a condiciones particulares para diseñar e implementar actividades de adaptación que contribuyan a la conservación y manejo de la biodiversidad, así como al mantenimiento de los servicios ambientales que benefician a las comunidades humanas.

En la Región Noreste y Sierra Madre Oriental, en los paisajes del Altiplano mexicano y del Gran Desierto Chihuahuense de la cuenca del río Bravo en el norte de México, el Complejo Cuatrociénegas alberga al sitio Ramsar Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, considerado uno de los humedales más importantes de México. En la formulación del PACC de Cuatrociénegas, se utilizó un enfoque multiescala que permitió usar la siguiente información: (i) regional, con datos de tendencias históricas, escenarios de cambio climático y análisis de vulnerabilidad multiescalar; (ii) escala de complejidad, en la que se registraron los objetos de conservación, y (iii) escala local, en la que se identificaron los impactos del cambio climático en las actividades productivas de las comunidades. El análisis del PACC condujo a la identificación y priorización de una serie de medidas de adaptación para los objetos de conservación, las cuales van acompañadas de un portafolio de inversión que muestra los recursos necesarios para su implementación. Como ejemplo, las tres medidas que el análisis multicriterio arroja como prioritarias para Cuatrociénagas son: (i) recuperar los niveles originales de los cuerpos de agua; (ii) restaurar en su parte acuática y terrestre los sistemas de humedales degradados; y (iii) alinear políticas públicas e instrumentos relativos al uso y manejo del agua superficial y subterránea y recursos asociados de los humedales del Área Natural Protegida. Estas tres medidas requieren una inversión estimada en 32,6 millones de pesos mexicanos (CONANP, 2014).

Aunque los documentos que plantean la estrategia gubernamental para la adaptación al cambio climático reflejan paulatinamente una mayor integración del componente socioeconómico, en el área de conservación y restauración de ecosistemas los instrumentos y los programas que se han implementado solamente reflejan el componente biofísico/ecológico (**Tabla 3.2**).

Un gran reto para los próximos años, aparte de los vacíos y limitantes que se mencionan en la **Tabla 3.2**, es lograr concretar esa integración socioecológica para ubicar las

Tabla 3.2. Medidas y programas propuestos para la adaptación al cambio climático en el área de conservación y restauración de ecosistemas en México. Fuentes: SEMARNAT e INECC, 2012.

Medidas preventivas	Medidas reactivas	Instrumentos para las políticas públicas (algunos transversales)	Programas (algunos transversales)	Vacíos y limitantes de las medidas de adaptación
Silvicultura comunitaria. Programas especiales de restauración, regeneración, protección. Diversificación productiva de bosques. Comercialización de productos forestales certificados. Certificación forestal.	Fomento de la regeneración natural de bosques afectados por huracanes. Evaluación de incendios forestales y programas de restauración. Reservas de agua.	Áreas protegidas. Corredor Biológico Mesoamericano. Estrategia de biodiversidad. Estrategia de especies invasoras. Estrategia de manejo de tierras. Reservas de agua.	Protección de incendios. Pago por servicios ambientales. Conservación y restauración de suelos. Alianza México resiliente. México próspero.	Requieren armonización del marco legal. Falta de evaluación del impacto de las políticas públicas. Resolver conflictos entre sectores. Falta de financiamiento y de variedad en las fuentes.

medidas de adaptación más viables y pertinentes. Otro gran reto es establecer las sinergias con otros programas como REDD+, pero con la diferenciación entre la mitigación y la adaptación, que se mencionan casi siempre asociadas, sin necesariamente estar asociadas, y sin establecer las relaciones funcionales entre ambas acciones (Margaret Skutsch, UNAM, com. personal).

3.4.2.4. Costa Rica

Ante la vulnerabilidad que presentan los humedales de Costa Rica, el Programa Nacional de Humedales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), a través del Proyecto Humedales (SINAC/PNUD/GEF), ha iniciado la implementación de una serie de medidas de adaptación a la variabilidad y al cambio climático con el fin de aumentar la resiliencia de estos ecosistemas (Leal Rivera *et ál.,* 2018; Corrales y Murillo, 2018; Córdoba *et ál.,* 2018).

En el caso del Humedal Protegido de Importancia Internacional Palo Verde (HIIPV), se han identificado varios impactos previsibles del cambio climático, como (i) cambio en el patrón de incendios, (ii) cambio en la disponibilidad de agua para fauna silvestre, (iii) cambio en la dinámica de especies invasoras y (iv) cambios en la dinámica hidrológica. El conjunto de actuaciones propuestas abarca desde medidas blandas (manejo del fuego, sensibilización de actores) hasta medidas estructurales (construcción de compuertas para el agua, instalación de trampas para sedimentos y de tanques para cosecha de agua, además de ampliación de cauces). En cuanto a las acciones basadas en ecosistemas, estas giran alrededor de la restauración de los sistemas hídricos en el sector Catalina del HIIPV y en abrir espejos de agua que generen condiciones adecuadas para la avifauna. De este modo se pretende devolver la estacionalidad al sistema hídrico y generar condiciones óptimas para la biodiversidad. Muchas de estas medidas han sido desarrolladas de forma participativa junto con los actores locales, quienes comprenden el valor de los servicios ambientales de los humedales y participan activamente en su restauración.

Para el Humedal Nacional Térraba-Sierpe (HNTS, Sitio Ramsar) y de acuerdo con los escenarios de cambio climático, se preparó una matriz de acciones de adaptación dentro de las siguientes medidas: a) conservación de la biodiversidad en el sistema hídrico para complementar o reemplazar áreas degradadas por el cambio climático y rehabilitar humedales vulnerables a la variabilidad; b) inversión en prácticas preventivas y de control de incendios forestales en ecosistemas de humedal, y c) gestión intersectorial del territorio para reducir la erosión en el sistema hídrico y la sedimentación de los ecosistemas de humedal.

Las acciones de adaptación a la variabilidad climática son principalmente de carácter blando y se concentran en el mejoramiento de las capacidades de adaptación del personal del HNTS y en la reducción de amenazas a la integridad de los sistemas hídricos de los distintos ecosistemas del HNTS.

Como ejemplos se pueden mencionar actuaciones relacionadas con el mejoramiento de la gestión de fuego especialmente alrededor de la laguna de Sierpe, uno de los ecosistemas de agua dulce más importantes del HNTS. Estas acciones se dirigen a (i) evitar daños por erosión, sedimentación y contaminación del agua generados por las actividades agropecuarias, y (ii) crear alianzas estratégicas y abrir el diálogo con los sectores productivos en las áreas aledañas y dentro del HNTS, incluido el sector turismo. Todas estas acciones se han trabajado de forma participativa con el personal del sitio Ramsar.

3.4.2.5. España y Portugal

Los Planes Nacionales de Adaptación al Cambio Climático de España (PNACC) (Oficina Española de Cambio Climático, 2008) y Portugal (ENAAC) surgen en el marco de la Estrategia Europea de Adaptación de 2013 (EEA, 2013), cuyo principal objetivo es construir una Europa más resiliente frente a los impactos y mejor adaptada al cambio climático (Oficina Española de Cambio Climático, 2014). Tanto en España (Oficina Española de Cambio Climático, 2008, 2011, 2014) como en Portugal (Agência Portuguesa do Ambiente, 2013) los programas de trabajo desarrollados destacan el recurso hídrico, pero no los ecosistemas acuáticos, como el factor clave para el desarrollo de muchos sectores socioeconómicos y elemento central que condiciona el buen estado de muchos sistemas ecológicos.

Los planes nacionales constituyen el marco de coordinación entre las Administraciones públicas y, en su caso, privadas para desarrollar las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. En España se desarrolla en 4 ejes de acción (generación de conocimientos; integración de la adaptación; movilización de actores clave, y elaboración de un sistema de indicadores de los impactos y la adaptación al cambio climático) basados en 2 pilares fundamentales: (a) potenciar el I+D+i, y b) reforzar la coordinación entre las Administraciones. En Portugal se plantea bajo 4 objetivos estratégicos: reducción de las presiones sobre el medio hídrico; refuerzo de la seguridad de la disponibilidad de agua; gestión del riesgo, y profundización y divulgación del conocimiento. Estos objetivos se desarrollan en 6 programas que cubren 16 medidas. Las medidas tienen una naturaleza transversal y proporcionan beneficios en los demás sectores usuarios de agua (Agência Portuguesa do Ambiente, 2013).

3.4.3. Escala subnacional

En este apartado se presenta un ejemplo de restauración del bosque atlántico en Brasil.

Solo el 7 % del foco candente de biodiversidad de bosques atlánticos está actualmente protegido. El cambio climático puede producir modificaciones en el rango de las especies alterando los patrones de diversidad y distribución de las

especies, que podrían reducir significativamente la eficiencia de conservación de las redes de áreas protegidas (Araújo *et ál.,* 2011; Monzón *et ál.,* 2011). Esto es crítico porque las áreas protegidas siguen figurando como la piedra angular de las estrategias de conservación, y más del 12 % de la superficie de la Tierra se encuentra actualmente bajo alguna forma de protección legal (Jekins y Joppa, 2009; Joppa y Pfaff, 2011). El cambio climático implica otras amenazas a la efectividad de una red de áreas protegidas (Hannah *et ál.,* 2007; Araújo *et ál.,* 2011). Las áreas protegidas son fijas en el paisaje, mientras las amenazas no lo son. Los cambios ambientales en la matriz que rodea a un área protegida en particular pueden extenderse a la propia área protegida (Wiens *et ál.,* 2011).

Ribeiro *et ál.* (2009) sugirieron algunas acciones para la conservación: (i) los grandes fragmentos de bosques maduros deberían ser una prioridad de conservación; (ii) los fragmentos más pequeños pueden ser gestionados para mantener mosaicos funcionalmente vinculados; (iii) los fragmentos circundantes de la matriz deberían ser gestionados para minimizar los efectos de borde y mejorar la conectividad, y (iv) se deben tomar acciones de restauración, particularmente en ciertas áreas clave.

En 2009, un grupo de ONG, empresas privadas, gobiernos e instituciones de investigación lanzaron uno de los programas de restauración ecológica más importantes y ambiciosos del mundo, el llamado Pacto de Restauración de Bosques Atlánticos-AFRP (Pacto Mata Atlántica, 2019). Este programa único con más de 160 miembros tiene como misión restaurar 15 millones de hectáreas de tierras degradadas en el bosque atlántico brasileño para el año 2050 y ayudar a proteger, de manera sostenible, los fragmentos de bosque restantes. Esto se logrará promoviendo (1) la conservación de la biodiversidad; (2) la generación de empleos y oportunidades de ingresos a través de la cadena de suministro de restauración; (3) la provisión de servicios ecosistémicos clave a millones de personas y empresas, y (4) el establecimiento de serios incentivos para que los propietarios cumplan con la regulación ambiental brasileña. Los esfuerzos de restauración ecológica están enfocados a restablecer los bosques tropicales de alta diversidad a través de diferentes métodos e incorporando posibilidades de explotación de madera nativa y productos no maderables en áreas que están siendo restauradas, especialmente en áreas agrícolas económicamente marginales (Rodrigues *et ál.,* 2011).

3.4.4. Escala local

En este apartado se presenta un ejemplo de enfoque integrado de la adaptación basada en los ecosistemas en ecosistemas de alta montaña en los Andes colombianos.

En los Andes colombianos, los ecosistemas de alta montaña del macizo de Chingaza, que se encuentran a más de 2.740 m s.n.m., son muy vulnerables a los impactos anticipados del cambio climático. Los modelos han predicho que el 78 % de los glaciares y el 56 % de los páramos podrían desaparecer en 2050. Estos cambios significarían la pérdida de muchos de los servicios del ecosistema en la región, especialmente los de protección del suelo, suministro de agua y alimentos, regulación del flujo de agua y potencial hidroeléctrico. El 80 % de la población que vive en los ecosistemas circundantes de la capital, Bogotá, depende del agua del macizo de Chingaza.

Colombia está implementando un Plan Nacional de Adaptación Integrado (INAP) utilizando actividades de adaptación e intervenciones de políticas basadas en los ecosistemas para abordar de manera proactiva los impactos del cambio climático en todo el país (Andrade y Vides, 2010). En el macizo de Chingaza, estas medidas de adaptación incluyen:

- La restauración de los ecosistemas de alta montaña. La Estrategia de Parques Nacionales de Colombia para la restauración ecológica participativa se ha actualizado para tener en cuenta el cambio climático a fin de garantizar la regulación del agua y aumentar la captura de carbono. La estrategia se desarrolló con acuerdos participativos con las comunidades locales.
- La incorporación de la adaptación basada en los ecosistemas en el uso del suelo y modelos de planificación territorial para guiar la adaptación más allá de la conservación de la biodiversidad hacia el mantenimiento de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas.
- La mejora de los agroecosistemas productivos para reducir su vulnerabilidad a los impactos del cambio climático. Se han propuesto prácticas de gestión sostenible para diferentes sistemas agrícolas y se han adoptado a través de planes agrícolas desarrollados por agricultores locales.
- La evaluación y diseminación de información climática para determinar el funcionamiento del macizo de Chingaza bajo diferentes escenarios de cambio climático y para facilitar la adopción de medidas y políticas de adaptación.
- La modelización y el monitoreo del ciclo del agua y el carbono, incluido el establecimiento de varias estaciones hidrometeorológicas.

La implementación del Plan Nacional de Adaptación Integrado en el macizo de Chingaza ha resultado en una visión integrada del ecosistema basada en el ecosistema. El proyecto ha mejorado la gobernanza de la región al incorporar la adaptación basada en los ecosistemas en los procesos de planificación regional, incluidos los planes de gestión municipal y de cuencas hidrográficas. También ha contribuido a la política nacional de adaptación, que tiene como objetivo integrar las acciones sectoriales hacia la adaptación al cambio climático y el desarrollo sostenible. En la actualidad, se están implementando 27 procesos de restauración (de un total de 200, que es el objetivo), incluidas las cuencas hidrográficas superiores, las riberas de los ríos y las áreas de derrumbes. Las plantas nativas se seleccionan con las

comunidades locales, que también usan información climática para desarrollar sistemas de alerta temprana contra incendios, deslizamientos de tierra e inundaciones. Se han establecido datos de referencia para la cobertura de la tierra y el uso del suelo, los ciclos de agua y carbono, los sistemas agrícolas y la zonificación de riesgos.

3.5. Barreras, oportunidades e interacciones

La implementación efectiva de políticas de lucha contra el cambio climático requiere integrar sus objetivos en las políticas sectoriales (Kok y De Coninck, 2007; Swart y Raes, 2007; Adelle y Russel, 2013; Brouwer *et ál.,* 2013). Se dispone de menos evidencia sobre la necesidad de diseñar políticas capaces de gestionar eficazmente las interacciones entre los dos objetivos de lucha contra el cambio climático de mitigación y adaptación en los sistemas de uso del suelo que afectan a los ecosistemas naturales (Locatelli *et ál.,* 2016). Entre las justificaciones para separar los esfuerzos está que la adaptación y la mitigación a menudo operan a diferentes escalas espaciales y temporales e involucran a diferentes actores de políticas y sectores prioritarios (Klein *et ál.,* 2005; Tol, 2005). Existen diversos enfoques para la adaptación al cambio climático, como un enfoque basado en el peligro y la gestión de riesgos, vulnerabilidades, resiliencia y ecosistemas. La adaptación basada en los ecosistemas es una de las estrategias de adaptación existentes, y se puede usar en combinación con otras estrategias, teniendo en cuenta la evaluación de costo-beneficio, la relación costo-beneficio y los beneficios colaterales, es decir, las medidas de implantación para la adaptación al cambio climático asociadas con el mantenimiento de los servicios ambientales y con la conservación de la biodiversidad. Los ecosistemas bien gestionados tienen un mayor potencial de adaptación y resisten y se recuperan de los impactos de los eventos climáticos extremos con menos dificultad, y además brindan una mayor gama de beneficios de los que dependen las personas (IUCN, 2009). En el caso de los ecosistemas naturales, las interacciones entre la adaptación y la mitigación son particularmente importantes. Las acciones de adaptación pueden tener efectos positivos, negativos o neutrales en la mitigación, y viceversa (Locatelli *et ál.,* 2016). Por ejemplo, a partir de los análisis presentados por el IPCC, se predicen aumentos de temperaturas, especialmente en las zonas más continentales, como la Amazonia central. Este aumento de temperatura sumado a un predominio estacional de condiciones más secas puede generar un aumento en las emisiones de metano de algunos humedales en las Américas. El balance entre el secuestro de carbono de los humedales y sus emisiones de metano (Mitsch *et ál.,* 2012) es afectado también por cambios, como el drenaje, los incendios y la conversión a la agricultura o silvicultura, que actualmente están convirtiendo a los humedales y turberas en emisores netos de GEI (Frolking *et ál.,* 2011; Petrescu *et ál.,* 2015; Turetsky *et ál.,* 2015; Van der Werf *et ál.,* 2010), además, a un paso acelerado (Davidson, 2014; Junk *et ál.,* 2013).

En la **Figura 3.4** se presentan algunas de las interacciones entre acciones de mitigación y adaptación para los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como las sinergias con los Objetivos del Desarrollo Sostenible y el Marco de Sendai.

3.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

Un informe publicado por el Ministerio de Medio Ambiente de Brasil brindó información al público brasileño y a las audiencias internacionales sobre las actividades de monitoreo y evaluación llevadas a cabo durante el primer año del Plan de Adaptación Nacional (PAN) (Brasil, 2017). Durante el primer año, las acciones desplegadas en el marco del PNA abordaron el 96 % de sus objetivos y el 67 % (91) de sus directrices sectoriales. Los resultados indican un perfil de implementación dirigido a la expansión del conocimiento de las vulnerabilidades al cambio climático y al desarrollo de medidas y herramientas de adaptación. Entre los aspectos más destacados de las acciones llevadas a cabo están el mapeo a escala municipal de la vulnerabilidad de Brasil a la sequía; el marco y el desarrollo de una plataforma de adaptación-conocimiento (AdaptaClima); el mapeo de los impactos biofísicos del cambio climático en el bioma de la mata atlántica (Mata Atlântica), y la generación de un Índice Municipal de Vulnerabilidad al Cambio Climático para seis estados brasileños a través de la implementación del Proyecto SISVUCLIMA (Sisvuclima, 2019). Los objetivos de la estrategia para la biodiversidad y los ecosistemas son: analizar los impactos del cambio climático en la biodiversidad en Brasil y evaluar posibles medidas de adaptación para reducir las vulnerabilidades, así como el papel de la biodiversidad y los ecosistemas en la reducción de las vulnerabilidades socioeconómicas mediante la provisión de servicios ecosistémicos. Respecto a la biodiversidad y los ecosistemas, en 2016-2017, el Ministerio del Ambiente, junto con el Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad (ICMBIO), llevó a cabo estudios y otras iniciativas dirigidas a establecer las bases institucionales y metodológicas para el cumplimiento de las directrices y el logro de los objetivos previstos. El estatuto institucional del ICMBIO fue revisado para abarcar el tema de la adaptación al cambio climático teniendo en cuenta la adaptación basada en los ecosistemas. Entre las actividades, se preparó un manual de mejoras prácticas para la aplicación de enfoques AbE en los planes de manejo de las unidades de conservación y se llevaron a cabo 11 proyectos piloto en 16 municipios con áreas de mata atlántica para estimular la incorporación de enfoques AbE en los diversos instrumentos, así como para la zonificación territorial a escala municipal y estudio sobre técnicas para la restauración de ecosistemas y estimaciones de costos por hectárea de restauración para cada bioma, lo que lleva a un aumento del conocimiento básico para la implementación futura de medidas AbE.

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Reforestación con especies nativas	●	●	●	○	○	●	●		3 4
Silvicultura sustentable	●	●	●	○	○	●	●		3 4
Control de cambios de uso del suelo	●	●	●	●	●	●	●		3 4
Áreas protegidas y gobernanza de recursos naturales	●	●	●	●	●	●	●		3 4
Adaptación al cambio climático en áreas protegidas y humedales	●	●	●	●	●	●	●		1 3 4
Priorización de áreas para el manejo de cuencas	●	●	●	●	●	●	●		1 3 4

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (○) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo). Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

[3] Prioridades del Marco Sendai: 1 comprensión del riesgo de desastres; 2 fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; 3 invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; 4 mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Figura 3.4. Interacciones en el ámbito de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia.

Se han reportado indicadores del estado de conservación y vulnerabilidad de los ecosistemas en Chile a escala nacional, utilizando los criterios de la UICN y basados principalmente en la alteración de su área de distribución original y la degradación del medio, evaluado a través del estrés hídrico y térmico (Pliscoff *et ál.,* 2015). Este estudio concluye que los ecosistemas más amenazados son los que han sufrido una mayor reducción en su área de distribución debido al cambio en el uso del suelo. Basándose en este tipo de estudios, se pueden definir las regiones del país en donde es prioritario aplicar una estrategia de adaptación y al mismo tiempo servir como «referencia» para evaluar cuál ha sido el avance después de aplicar una medida de adaptación.

En la actualidad, el monitoreo posterior a la aplicación de las medidas de adaptación corresponde a la evaluación del éxito obtenido en el plan de restauración. Otros índices de monitoreo del éxito en la adaptación podrían ser desarrollados en Chile, considerando la legislación vigente y la infraestructura disponible. En la actualidad existen múltiples estaciones de monitoreo de la calidad del agua a lo largo de Chile a cargo de la Dirección General de Aguas (DGA), y algunas de ellas poseen datos incluso desde el año 1985, pero con diferente grado de continuidad en sus mediciones. Sin embargo, estas no se encuentran necesariamente ubicadas en las cuencas donde se están aplicando las estrategias de adaptación de los ecosistemas. Otros índices como la biodiversidad, cobertura de vegetación nativa *vs.* exótica, almacenamiento de C, N y P en los suelos podrían adoptarse para evaluar la eficacia de las medidas de adaptación.

México cuenta con aproximadamente 86 millones de hectáreas de bosques, de los cuales 31 millones de hectáreas son de bosques tropicales (SEMARNAT, CONABIO, 2014). La superficie en programas de restauración compensatoria aún no supera las 55.000 ha, la incorporación al Programa Nacional de Suelos Forestales ha sido de 130.000 ha, en el Programa de Conservación y Restauración de Suelos fluctúa sin rebasar las 131.000 ha y las que se encuentran en Pago por Servicios Ambientales derivados de la Biodiversidad tienen 235.146 ha y en Pago por Servicios Ambientales derivados de servicios hidrológicos, 327.233 ha. La incorporación de superficie a las acciones de adaptación ha ido en aumento, pero aún queda mucho por hacer para lograr los objetivos propuestos. La adaptación al cambio climático debe darse a varias escalas y en un contexto integral del desarrollo nacional (Lim y Spanger-Siegfried, 2016). Estos conceptos se discuten en el documento de adaptación al cambio climático (SEMARNAT e INECC, 2012). Sin embargo, hasta ahora no se percibe ese enfoque en las políticas y en los objetivos planteados en el programa especial de cambio climático (PECC), y en los compromisos hechos para el corto y el mediano plazo aún predomina la atención de emergencias sobre la planificación integral, transversal y de largo plazo que requiere atender un problema tan complejo. Los mapas y atlas de riesgos y vulnerabilidades, los programas, los enfoques y las políticas o son sociales o son biofísicos sin que aúnen el enfoque socio (incluye económico)-ecológico necesario para abordar el problema de una manera sustentable. En este sentido, parte del problema para generar una estrategia adecuada para reducir la vulnerabilidad radica en que se ha avanzado en documentar la vulnerabilidad climática por factores y por zonas del país (INECC, 2013), pero hay falta de conocimiento, sistematización de la información y generación de herramientas y recursos para diseñar las medidas de adaptación particulares y apropiadas para los contextos socioecológicos.

La aplicación de «soluciones basadas en la naturaleza» (WWAP, 2018) o «adaptación basada en los ecosistemas» (según PNUMA, 2016) que puede ayudar a aumentar la resiliencia de los ecosistemas de aguas continentales a los impactos del cambio climático en la Península Ibérica es aún muy deficiente. En las **Tablas 3.3** y **3.4** se resumen algunos ejemplos que incluyen diferentes escalas de actuación. En muchas ocasiones, los objetivos de las actuaciones no incluyen explícitamente la búsqueda de soluciones basadas en la naturaleza, ni recuperar o mantener los servicios ecosistémicos de los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, la red de reservas fluviales española tiene el objetivo de conservación de las cabeceras, que lleva implícito el asegurar el mantenimiento de muchos servicios ecosistémicos, como puede ser el abastecimiento de agua de calidad. En general, las actuaciones llevadas a cabo han ido encaminadas a la restauración de un ecosistema acuático, como humedales o tramos de río (p. ej., LIFE06/NAT/E/000213, Proyecto CREAMAgua, el distrito de Zorrotzaurre, Paisaje de retención de agua de Tamera) o la implantación de medidas de gobernanza de las cuencas (p. ej., Proyectos Life-SHARA, EPI-WATER, WATER-CHANGE, AQUA-PLANN) que intentan suplir o minimizar los impactos derivados del cambio climático. En estos proyectos intervienen diferentes actores, tanto públicos como privados, aunque hay muy pocos en los que la participación ciudadana sea evidente. Además, hay que señalar que algunos de ellos aún están en ejecución, por lo que no es posible evaluar los beneficios obtenidos y reconocer las lecciones aprendidas.

3.7. Casos de estudio

En la **Figura 3.5** se presenta una caracterización breve de los casos de estudio que se desarrollan a continuación.

3.7.1. Restauración del río Órbigo

3.7.1.1. Resumen del caso

El proyecto de mejora ecológica del río Órbigo (León) fue la primera actuación a gran escala emprendida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España para minimizar los daños causados por las inundaciones, utilizando una solución basada en la naturaleza como es la recuperación de la llanura de inundación para laminar las riadas y minimizar su peligrosidad, eliminando motas y escolleras que restringían el espacio fluvial (**Figura 3.6**). La participación ciudadana mediante un proceso real y transparente antes y durante la elaboración del proyecto fue clave para el éxito y aceptación de la actuación.

Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Restauración del río Órbigo	España			Subnacional		Subnacional
Escenarios participativos para manejo sustentable de bosques en México	México			Local/municipal		Local/municipal



Figura 3.5. Caracterización de los casos de estudio (ecosistemas terrestres y acuáticos continentales). Fuente: elaboración propia.



Figura 3.6. Imágenes de un tramo del río Órbigo mostrando su situación antes y después de la intervención de recuperación de la llanura de inundación. Fuente: Sánchez Martínez, 2015.

3.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

Al igual que la mayoría de los ríos, el Órbigo experimenta crecidas e inundaciones periódicas tras fuertes lluvias, lo cual afecta a las poblaciones locales, causando daños en sus viviendas y parcelas agrícolas ubicadas en la llanura de inundación. Tradicionalmente, los organismos de cuenca (confederaciones hidrográficas) han construido infraestructuras duras (escolleras, motas, embalses, etc.) para proteger a las poblaciones humanas y la agricultura de las avenidas

periódicas e impredecibles que sufren los ríos mediterráneos. Estas infraestructuras restringen el espacio fluvial utilizado por el río durante las avenidas, socavando el cauce, erosionando márgenes y aumentando la peligrosidad de las riadas aguas abajo, lo que obliga a seguir construyendo nuevas infraestructuras y reparar las existentes. El río Órbigo, un afluente del río Duero, de 108 km de longitud, presentaba esta situación, de manera que la Confederación Hidrográfica del Duero decidió actuar en un tramo de 23,5 km con una filosofía nueva.

3.7.1.3. Descripción del caso

El objetivo básico del proyecto fue recuperar la funcionalidad del río, aumentando su conectividad transversal y longitudinal para mejorar su capacidad de laminación natural, lo que haría disminuir el riesgo de daños por inundación, además de regenerar los hábitats fluviales naturales. En definitiva, se trataba de recuperar la llanura de inundación completamente restringida por infraestructuras duras de obras hidráulicas (Confederación Hidrográfica del Duero, 2011; Barquero y Santillán, 2012).

El proyecto, que se ejecutó durante los años 2011 y 2012 y contó con un presupuesto total de unos 3 millones de euros, consistió en recuperar unas 480 ha de zonas inundables mediante la eliminación de 4,7 km de escolleras y 8,7 km de motas, así como el retranqueo de 5,2 km de motas del espacio fluvial y la recuperación de los brazos secundarios del río. Además, se aplicaron técnicas de ingeniería con estaquillado a lo largo de 1,4 km, se revegetaron 7,2 ha con vegetación ribereña y se retiraron unos 1.100 m^3 de residuos (**Figura 3.7**).

Dado que todas las actuaciones eran contrarias a las tradicionalmente propuestas por los organismos de cuenca, se decidió diseñar un esquema de trabajo en el que se explicara claramente a los vecinos afectados los beneficios de esta metodología para minimizar los daños provocados por las avenidas, haciéndolos partícipes antes de diseñar el conjunto final de actuaciones a realizar. De hecho, el proyecto tuvo muchas reticencias iniciales por parte de los vecinos que se subsanaron realizando un intenso proceso de participación ciudadana desarrollado por los técnicos de la Confederación Hidrográfica del Duero con las poblaciones ribereñas, en un marco de diálogo, así como un programa de educación ambiental y voluntariado que se llevó a cabo de forma paralela (Centro Ibérico de Restauración Fluvial, 2013). El proceso de participación ciudadana se inició dos años antes de la ejecución del proyecto, comenzando con una primera fase de reuniones explicativas en los municipios afectados tanto con los alcaldes y representantes de las juntas vecinales como con los vecinos interesados. En esta fase se pretendía dar a conocer la nueva filosofía de las actuaciones y romper con los tópicos anteriores sobre la idoneidad de ejecutar infraestructuras grises para evitar los daños de las avenidas. En una segunda fase, la información suministrada por ayuntamientos y vecinos permitió establecer claramente la problemática



RESUMEN DE LAS OBRAS EJECUTADAS EN EL PROYECTO	
Presupuesto	3.084.697,20 €
Longitud de tramo de actuación	23,5 km
Eliminación de escolleras	4.720 m
Retirada de motas	8.700 m
Retranqueo de motas	5.220 m
Recuperación de llanura de inundación	480 ha
Recuperación de brazos secundarios	10.063 m
Técnicas de bioingenieria (estaquillado)	1.400 m
Limpieza y retirada de residuos	1.100 m^3
Permeabilización de obstáculos transversales	1
Longitud de río reconectado	22 km

Figura 3.7. Imagen de las obras de recuperación de la llanura de inundación del río Órbigo (foto superior) y principales cifras sobre la intervención (esquema inferior). Fuentes: *Diario de León,* 2012 (foto superior); Barquero y Santillán, 2012 (esquema inferior).

asociada a cada tramo del río y así poder diseñar diferentes alternativas de actuación que, en una tercera fase, fueron expuestas al público para su debate y valoración final antes de hacer definitivas las actuaciones del proyecto (Barquero y Santillán, 2012).

3.7.1.4. Limitaciones e interacciones

El proyecto de mejora ecológica del río Órbigo estaba planteado para actuar en la totalidad del cauce. Sin embargo, tras la fase de inventario realizada, y dada la cantidad de intervenciones necesarias y el elevado costo económico, se decidió dividirlo en tres fases. En la actualidad tan solo se ha llevado a cabo la primera. La crisis económica es la principal responsable de la paralización de las otras fases, lo cual

probablemente limitará la capacidad del río para recuperar su conectividad lateral y longitudinal y su funcionalidad como llanura de inundación para cumplir el objetivo de minimizar las crecidas periódicas. Pero la principal limitación de este tipo de proyectos, hábilmente superada por los técnicos implicados en este caso, es la necesaria implicación de la ciudadanía en los proyectos que suponen cambios profundos en los modos de actuación tradicionales, que solo se consigue a través de un proceso real y transparente de participación.

Al margen de los beneficios obtenidos con la reducción de daños provocados por las avenidas de agua a las poblaciones ribereñas, el proyecto ha conseguido mejorar y regenerar los hábitats fluviales y recuperar un total de 10 km de brazos secundarios del río que habían quedado inutilizados artificialmente. De hecho, un estudio reciente sobre la evaluación de los potenciales beneficios de las actuaciones llevadas a cabo en el río Órbigo (Martínez-Fernández *et ál.,* 2017) indica la rápida recuperación hidromorfológica del tramo, así como la recuperación de la vegetación ribereña, restaurando el servicio de regulación de minimización de los daños causados por las avenidas. Además, las actuaciones realizadas están basadas en criterios de sostenibilidad económica y ambiental, lo que permite su persistencia a largo plazo. Finalmente, hay que señalar que, de forma indirecta, se han recuperado varios servicios ambientales. Así, las actuaciones llevadas a cabo son compatibles con otros usos y aprovechamientos asociados a las riberas fluviales, como cultivos forestales (populicultura), agrícolas y recreativos.

3.7.1.5. Lecciones identificadas

Las actuaciones llevadas a cabo en el tramo de cauce del río Órbigo muestran cómo es posible recuperar la funcionalidad de un ecosistema y, por ende, su capacidad para proveer múltiples servicios ecosistémicos, aplicando soluciones basadas en la naturaleza. A ello hay que añadir que la participación ciudadana en un proceso real, transparente y muy cercano a la población puede llegar a ser la clave para hacer posible un cambio de paradigma en la gestión de los ecosistemas introduciendo soluciones basadas en la naturaleza. De especial relevancia es la incorporación de las experiencias y «saberes» de los ciudadanos de mayor edad que han convivido con la naturaleza. Esta fue una de las razones por las que el proyecto fue finalista del premio European Riverprize en 2013 (CIREF, 2019).

En este contexto, cabe señalar que en la Península Ibérica existen muchos otros ejemplos de soluciones basadas en la naturaleza, como es el caso del río Arga en Navarra (también de gestión de inundaciones), que se ha desarrollado en el marco de PIMA ADAPTA Agua y del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) en España. Otros proyectos en España en el marco del Programa PIMA Adapta Agua abordan, además de la reducción de los riesgos asociados al cambio climático, otros objetivos definidos en el contexto de la normativa europea en materia de agua, inundaciones o hábitats, mejorando el estado de las masas de agua y los ecosistemas asociados, y aumentando su resiliencia frente a fenómenos extremos, entre otros (PIMA Adapta, 2019). En el **Anexo** del presente capítulo se recoge una selección de proyectos implementados en la Península Ibérica en el ámbito de los ecosistemas acuáticos continentales (**Tabla 3.A**) y terrestres (**Tabla 3.B**) que están relacionados también con la adaptación basada en los ecosistemas.

3.7.2. Escenarios participativos para manejo sostenible de bosques en México

3.7.2.1. Resumen del caso

El conocimiento local puede proporcionar un catalizador importante para determinar el alcance y llevar a cabo acciones de adaptación a nivel de la comunidad para la gestión de los recursos naturales y la protección de los ecosistemas en sistemas socioecológicos integrados. La capacidad de gestionar y a la vez prepararse para el cambio mediante el diseño y la aplicación de las respuestas adaptativas pueden caracterizarse como capacidad adaptativa, para la cual el conocimiento y los procesos de aprendizaje representan una influencia capacitadora importante. El uso de la planificación de escenarios participativos para estimular el aprendizaje social prospectivo para la adaptación se investigó en un estudio del caso sobre el manejo de bosques en México.

3.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

El cambio ambiental requiere respuestas adaptativas que sean innovadoras, prospectivas y anticipatorias con el fin de cumplir los objetivos de sostenibilidad en los sistemas socioecológicos. Latinoamérica se enfrenta a una combinación única de desafíos y oportunidades a consecuencia del cambio global. A pesar de que la región está bien integrada en la economía global, tiene economías que dependen en gran medida de los recursos naturales, y la pobreza y la desigualdad son generalizadas (Hoffman y Centeno, 2003). Las poblaciones son muy móviles, los medios de vida y las economías están cambiando rápidamente, y el contexto político e institucional a menudo es volátil, todo lo cual indica un alto potencial de cambio sin precedentes (Eakin y Lemos, 2010).

3.7.2.3. Descripción del caso

El estudio de Brown *et ál.* (2016) aplicó el método de planificación de escenarios genéricos en una comunidad ubicada en la Sierra Juárez, de Oaxaca (sur de México), y se

centró en el manejo forestal y la necesidad de mejorar los beneficios socioeconómicos para ayudar a desacelerar las tasas de emigración. México tiene una tradición de propiedad colectiva de la tierra y cogestión de los recursos naturales. El fuerte sistema de gestión comunitaria se estableció después de que los pueblos indígenas recuperaran el control de sus tierras en la década de 1970, con un área forestal bien conservada que ha resistido la expansión agrícola que se ha producido en otros lugares. Se realizaron cuatro talleres, con una media de 25 participantes de cada una de las partes interesadas (población local del territorio, autoridades municipales, la agencia ambiental, las ONG, la empresa forestal pública y la Comisión Nacional Forestal, CONAFOR). Entre los impulsores de estado que pueden causar cambios internos significativos e inestabilidad potencial del sistema se indicaron los cambios en el marco legal, así como la pérdida de habilidades y conocimientos clave a través de la emigración. Los impulsores a menudo se han interpretado como conectados: por ejemplo, el clima y el mayor riesgo de incendios forestales importantes estaban relacionados con la emigración: si la emigración aumentara, habría menos bomberos, y el daño forestal por más incendios también podría conducir a una mayor emigración.

3.7.2.4. Limitaciones e interacciones

En la comunidad, la planificación futura era desconocida, ya que su enfoque principal estaba en las actividades diarias y no en problemas a largo plazo. Sin embargo, durante el proceso, los participantes expresaron su satisfacción por haber tenido la oportunidad de pensar en el futuro.

El proceso del escenario también identificó el papel del poder (por ejemplo, cuestiones de género) en la toma de decisiones.

3.7.2.5. Lecciones identificadas

Las narraciones de escenarios exploratorios que sintetizan el conocimiento local y las percepciones futuras se usaron de forma iterativa para definir opciones de respuesta consideradas robustas para múltiples futuros. A pesar de su formato intensivo, los participantes en cada caso estuvieron de acuerdo en que la planificación de escenarios permitía una evaluación más sistemática del futuro. Los escenarios facilitaron la innovación al proporcionar el alcance para proponer nuevos tipos de respuestas y acciones asociadas. Las diferencias en el contexto local significaron que el aprendizaje sobre el cambio futuro se desarrolló de diversas maneras, mostrando la necesidad de un proceso reflexivo. Los temas comunes para el desarrollo de la capacidad de adaptación se centraron en fortalecer las disposiciones de gobernanza local, enfatizando el sentido de comunidad, la educación (particularmente basándose en el contexto local diferenciado) y la necesidad de mejorar las relaciones con las instituciones para coordinar la gestión del cambio.

3.8. Principales lagunas y necesidades futuras

A día de hoy hay muy pocos estudios que analicen la vulnerabilidad o la resiliencia de los ecosistemas de la región al cambio climático y al cambio global con la visión socioecológica que se requiere para diagnosticarla y reducirla.

Abundan los estudios de comparación de diversidad, estructura y funcionamiento bajo diferentes coberturas que orientan sobre la resistencia y la capacidad de recuperación a diferentes impactos, pero no hacen un análisis integrado de la resiliencia y de la vulnerabilidad.

Actualmente, aún existen muchas barreras legales e institucionales para llevar a cabo estrategias de gestión efectiva de los ecosistemas en el contexto del cambio climático, que deben ser superadas. Los planes nacionales de adaptación al cambio climático aún no han definido los enfoques para implementar y evaluar las estrategias definidas.

Sin excluir otros ámbitos de gobernanza, el marco territorial más apropiado para llevar a cabo estrategias proactivas adaptativas al cambio climático es la cuenca hidrológica, coordinando todas las políticas relacionadas con el uso del suelo: agricultura, silvicultura, ganadería, etc.

La cooperación y coordinación entre los administradores de tierras y aguas será esencial para la implementación exitosa de estrategias adaptativas al cambio climático.

Los organismos de cuenca que gestionan los recursos hídricos deben avanzar en su modernización mediante la incorporación en su estructura de personal especializado de diversos ámbitos profesionales, incrementando la participación de todos los interesados en las mismas condiciones de igualdad, eliminando los privilegios actuales de algunos usuarios.

A pesar de algunos casos loables, tampoco a escala local (municipios) se están incorporando medidas de adaptación al ritmo necesario en sus políticas de planificación territorial.

Muchas acciones a escala municipal y local deben su éxito a la participación pública, trabajar directamente con los representantes de los sectores afectados e interesados, y a la coordinación de las iniciativas para lograr una gestión más sostenible de los ecosistemas.

3.9. Conclusiones

La conjunción de las presiones asociadas al cambio climático y otros disturbios humanos puede resultar en sinergias e incrementar los daños en los ecosistemas al aumentar la exposición y la sensibilidad de sus procesos funcionales a condiciones adversas e ir minando su capacidad de adaptación. Lo mismo sucede con las poblaciones humanas asociadas a esos ecosistemas: la pobreza, la carencia o

deficiencia de infraestructura y servicios, la baja diversificación de las actividades productivas y los modos de vida las pueden volver más vulnerables o, en términos ecológicos, menos resilientes a esas fuerzas de presión.

La variabilidad climática es compleja, y también lo es el escenario social y económico que determina el disturbio humano sobre los ecosistemas de los países RIOCC. Al presentarse las presiones o las emergencias asociadas al cambio climático, las dos vulnerabilidades, o las dos resiliencias, se conjuntan y ejercen reacciones entre ellas que podrían anticiparse e incluirse en las medidas de adaptación.

Las estrategias para planear la adaptación al cambio climático deben considerar no solo los factores biofísicos, sino también los factores sociales y económicos que aumentan la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de las poblaciones locales, ya que todos los ecosistemas son en realidad sistemas socioecológicos, y considerar un componente sin tener en cuenta el otro no llevará a lograr los objetivos de adaptación.

Se ha identificado en esta síntesis que en la región RIOCC existe una necesidad urgente de conocimiento sistematizado del estado de los ecosistemas y de las amenazas actuales sobre ellos que permita modelar con solidez los riesgos y establecer prioridades de acciones de adaptación contemplando los escenarios más factibles. Asimismo, se ha detectado la falta de herramientas tanto para la planeación de acciones de adaptación con enfoque socioecológico como para el monitoreo de esas acciones una vez implementadas. La generación de estas herramientas, guías, lineamientos, etc., puede facilitar, acelerar y homogeneizar el proceso de planeación y de seguimiento. De esta manera, se puede propiciar una continuidad histórica que ayude a reducir los efectos de los cambios gubernamentales y los fenómenos globales que influyen en la estabilidad a largo plazo de las acciones de adaptación.

Los planes nacionales de adaptación al cambio climático implementados deben asegurar una continuidad a largo plazo, con seguimientos científicos apropiados y participación proactiva de la comunidad local, que posee un conocimiento empírico arraigado del manejo sostenible de sus recursos naturales. Como resultado de ello la comunidad local debe salir directamente beneficiada tanto social como económicamente. Esto requiere de un refuerzo descentralizado de los recursos económicos adaptado a los requerimientos de cada región, provincia o municipalidad. La evaluación de cada estrategia debe ser implementada tanto a nivel científico como a nivel de la comunidad local.

Bibliografía

Acácio, V., M. Holmgren, F. Rego, F. Moreira y G.M. Mohren, 2009: Are drought and wildfires turning Mediterranean cork oak forests into persistent shrublands? *Agroforestry Systems,* 76(2), 389-400.

Acuña, V. y K. Tockner, 2010: The effects of alterations in temperature and Flow regime on organic carbon dynamics in Mediterranean river networks. *Global Change Biology,* 16, 2638-2650, DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02170.x

Adelle, C. y D. Russel, 2013: Climate policy integration: a case of déjà vu? *Environ Policy Gov,* 23(1), 1-12. https://doi.org/10.1002/eet.1601

Agência Portuguesa do Ambiente, 2013: *Relatório de Progresso da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas. Relatório Integrado.* Documento consultado el 4 de febrero de 2018, https://www.apambiente.pt/_zdata/Politicas/AlteracoesClimaticas/Adaptacao/ENAAC/RelatProgresso/Relat_Progresso.pdf

Aide, T.M., M.L. Clark, H. R.Grau, D. López-Carr, M.A. Levy, D. Redo, M. Bonilla-Mohena, G. Riner, M.J. Andrade-Nuñez y M. Muñiz, 2013: Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). *Biotropica,* 45(2), 262-271.

Aldous, A., J. Fitzsimons, B. Richter y L. Bach, 2011: Droughts, floods and freshwater ecosystems: evaluating climate change impacts and developing adaptation strategies. *Marine and Freshwater Research*, 62, 223-231.

Alentejo, 2019: Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/autonomous-adaptation-to-droughts-in-an-agro-silvo-pastoral-system-in-alentejo

Alho, C.J.R. y J.S.V. Silva, 2012: Effects of severe floods and droughts on wildlife of the Pantanal wetland (Brazil)-A review. *Animals,* 2, 591-610.

Almeida-Val, V.M.F., A.R. Chippari-Gomez, N.P. Lopes, R. Araujo, S.R. Nozawa, M.S. Ferreira-Nozawa, M. de Zazare Paula-Silva y A.L. Val, 2006: *Biochemical responses to hypoxia: The case of Amazon fishes*. Proceedings of the Ninth International Symposium on Fish Physiology, Toxicology, and Water Quality, Georgia. Georgia: EPA, pp. 13.

Almodovar, A., G.G. Nicola, D. Ayllón y B. Elvira, 2012: Global warming threatens the persistence of Mediterranean brown trout. *Global Change Biology,* 18, 1549-1560.

Althoff, T.D., R.S.C Menezes, A.L. de Carvalho, A. de Siqueira Pinto, G.A.C.F. Santiago, J.P.H. B.Ometto y E.V.D.S.B. Sampaio, 2016: Climate change impacts on the sustainability of the firewood harvest and vegetation and soil carbon stocks in a tropical dry forest in Santa Teresinha Municipality, Northeast Brazil. *Forest Ecology and Management,* 360, 367-375.

Alvarez, M., J. Catalán y D. García de Jalón, 2005: Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. En: *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático* [Moreno Rodríguez J.M. (ed.)], Ministerio de Medio Ambiente, pp. 112-146.

Améztegui, A., L. Brotons y L. Coll, L., 2010: Land use changes as major drivers of mountain pine (Pinus uncinata Ram.) expansion in the Pyrenees. *Global Ecology and Biogeography*, 19(5), 632-641.

Aquaplan, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE07_ENV_E_000826_AfterLIFE_ES.pdf

Aquaplan, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.premioconama.org/bo/bancorecursos/banco_imagenes/premios12/inscripciones/72_Memoria_Abegondo.pdf

Ayllón, 2019: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.mapama.gob.es/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/seminarioPNACC/cc-red-natrua-2000_tcm30-377478.pdf

Andrade, A. y R. Vides, 2010: *Enfoque Ecosistémico y políticas públicas: aportes para la conservación de la biodiversidad y la adaptación al*

cambio climático en Latinoamérica. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI), CIIFEN, MacArthur Foundation: São José dos Campos, Brasil, 19 pp.

Aragão, L.E.O.C, Y. Malhi, R.M. Roman Cuesta, S. Saatchi, L.O. Anderson y Y.E. Shimabukuro, 2007: Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters,* 34(7), 1-5.

Araújo, M.B., D. Alagador, M. Cabeza, D. Nogués-Bravo y W. Thuiller, 2011: Climate change threatens European conservation areas. *Ecology letters,* 14(5), 484-492.

Austin, A.T., M.M.C. Bustamante, G.B. Nardoto, S.K. Mitre, T. Pérez, J. P.H.B. Ometto, N.L. Ascarrunz, M.C. Forti, K. Longo, M.E. Gavito, A. Enrich-Prast y L.A. Martinelli, 2013: Latin America's Nitrogen Challenge. *Science,* 340(6129), 149.

Bannister, JR., 2015: Recuperar bosques no es solo plantar árboles: lecciones aprendidas luego de 7 años restaurando bosque de *Pilgerodendron uviferum* (D.Don) Florin en Chiloé. *Anales Instituto Patagonia (Chile),* 43, 35-51.

Barquero, J.P. e I. Santillán, 2012: El proyecto de mejora ecológica del Río Órbigo (Tramo I). *Revista Sauce,* 6, 15-17.

Barros, D.F. y A.L.M. Albernaz, 2014: Possible impacts of climate change on wetlands and its biota in the Brazilian Amazon. *Brazilian Journal of Biology,* 74(4), 810-820.

Benitez-Gilabert, M., M. Alvarez-Cobelas y D.G. Angeler, 2010: Effects of climatic change on stream water quality in Spain. *Climatic Change,* 103, 339-352.

Bernal Patiño, J.G., 2014: *Evaluación de la dinámica del agua subterránea en la ecohidrología del humedal Laguna de Sonso, Valle del Cauca-Colombia.* Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, 158 pp.

Bodmer, R., T. Fang, P. Puertas, M. Antúnez, K. Chota y W. Bodmer, 2014: *Cambio Climático y Fauna Silvestre en la Amazonía Peruana: Impacto de la Sequía e Inundaciones Intensas en la Reserva Nacional Pacaya Samiria.* Eds. Wust, Lima, Perú, 254 pp.

Bodmer, R., T. Fang, M. Antunez, P. Puertas, K. Chota, M. Pittet, M. Kirkland, M. Walkey, C. Rios, P. Perez-Peña, P. Mayor, J. Zegarra y E. Docherty, 2017: Impact of recent climate fluctuations on biodiversity and people in flooded forests of the Peruvian Amazon. *CBD Technical Series,* 89, 81-90.

Boit, A., B. Sakschewski, L. Boysen, A. Cano-Crespo, J. Clement, N. Garcia-alaniz, K. Kok, M. Kolb, F. Langerwisch, A. Rammig, R. Sachse, M. van Eupen, W. von Bloh, D.C. Zemp y K. Thonicke, 2016: Large-scale impact of climate change vs. land-use change on future biome shifts in Latin America. *Global change biology,* 22(11), 3689-3701.

Bond, N.R., P.S. Lake y A.H. Arthington, 2008: The impacts of drought on freshwater ecosystems: an Australian perspective. *Hydrobiologia,* 600, 3-16.

Boyero, L.R.G. Pearson, M.O. Gessner, L.A. Barmuta, V. Ferreira, M.A.S. Graça, D. Dudgeon, A.J. Boulton, M. Callisto, E. Chauvet, J.E. Helson, A. Bruder, R.J. Albariño, C.M. Yule, M. Arunachalam, J.N. Davies, R. Figueroa, A.S. Flecker, A. Ramírez, R.G. Death, T. Iwata, J.M. Mathooko, C. Mathuriau, J.F. Gonçalves Jr., M.S. Moretti, T. Jinggut, S. Lamothe, C. M'Erimba, L. Ratnarajah, M.H. Schindler, J. Castela, L.M. Buria, A. Cornejo, V.D. Villanueva y D.C. West, 2011: A global experiment suggests climate warming will not accelerate litter decomposition in streams but might reduce carbon sequestration. *Ecology Letters,* 14, 289-294, DOI: 10.1111/j.1461-0248.2010.01578.x

Bradley, R.S., F.T Keimig, H.F. Diaz y D.R. Hardy, 2009: Recent changes in freezing level heights in the Tropics with implications for the deglacierization of high mountain regions. *Geophysical Research Letters,* 36 (L17701), 1-4.

Brasil, 2017: *National Adaptation Plan: 1st monitoring and evaluation report 2016-2017.* Minister of Environment, Secretary for Climate Change and Forests, Brasília *DF,* MMA, 31 pp.

Brodnig, G. y V. Prasad, 2010: A view from the top: vulnerability in mountain systems. *Social Development Notes,* n.º 128, World Bank. Documento consultado el 2 de mayo de 2017, http://siteresources.world.org

Broncano, M.J., J. Retana y A. Rodrigo, 2005: Predicting the recovery of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* forests after a large wildfire in northeastern Spain. *Plant Ecology,* 180(1), 47-56.

Brouwer, S., T. Rayner y D. Huitema, 2013: Mainstreaming climate policy: the case of climate adaptation and the implementation of EU water policy. *Environment and Planning C: Government and Policy,* 31(1), 134-153.

Brown, I., J. Martin-Ortega, K. Waylen y K. Blackstock, 2016: Participatory scenario planning for developing innovation in community adaptation responses: three contrasting examples from Latin America. *Regional environmental change,* 16(6), 1685-1700.

Bruno, D., O. Belmar, A. Maire, A. Morel, B. Dumont y T. Datry, 2019: Structural and functional responses of invertebrate communities to climate change and flow regulation in alpine catchments. *Global Change Biology,* 25, 1612-1628, DOI: 10.1111/gcb.14581

Bustamante, M.M.C., L.A. Martinelli, J.P.H.B. Ometto, J. Braga do Carmo, V. J. Jaramillo, M.E. Gavito, P.I Araujo, A.T. Austin, T. Perez y S. Marquina, 2014: Innovations for a sustainable future: rising to the challenge of nitrogen greenhouse gas management in Latin America. *Current Opinions in Environmental Sustainability,* 9(10), 73-81.

Cabello, J. y A. Castro, 2012: *Estado y tendencia de los servicios de los ecosistemas de zonas áridas de Andalucía.* Centro Andaluz para la evaluación y seguimiento del cambio global (CAESC), Andalucía.

Carleton, T. A. y S.M. Hsiang, 2016: Social and economic impacts of climate. *Science,* 353(6304), aad9837.

Carnicer, J., M. Coll, X. Pons, M. Ninyerola, J. Vayreda y J. Peñuelas, 2014: Large-scale recruitment limitation in Mediterranean pines: the role of Quercus ilex and forest successional advance as key regional drivers. *Global Ecology and Biogeography,* 23(3), 371-384.

Casteller, A., T. Häfelfinger, E. Cortés Donoso, K. Podvin, D. Kulakowski y P. Bebi, 2017: Assessing the interaction between mountain forests and natural hazards at Nevados de Chillán, Chile, and its implication for Ecosystem-based Disaster Risk Reduction. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss,* https://doi.org/10.5194/nhess-2017-348

Castro Parga, I., J.C.M. Saiz, C.J. Humphries y P.H. Williams, 1996: Strengthening the Natural and National Park system of Iberia to conserve vascular plants. *Botanical Journal of the Linnean Society,* 121(3), 189-206.

Cavazos, T., J.A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. de Grau, R. Prieto, C. Conde, A. Quintanar, J. Santana, R. Romero, M.E. Maya, J. G. Rosario, M. R. Ayala, H. Carrillo, O. Santiesteban, M.E. Bravo. 2013: *Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional,* escenarios.inecc.gob.mx

Centro Ibérico de Restauración Fluvial, 2013: http://www.cirefluvial.com/noticias_ver.php?id=251

CEPAL, UKAID, CCAD, SIECA, 2010: *The economics of climate change in Central America: summary 2010.* UK Department for International

Development, SIECA; NU. CEPAL. Subsede de México, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, CEPAL, https://www.cepal.org/en/publications/35229-economics-climate-change-central-america-summary-2010

CIREF, 2019: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.cirefluvial.com/noticias_ver.php?id=251

CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento, Uso y Manejo de la Biodiversidad, 2014: *Quinto Informe Nacional de México ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).* CONABIO, México, 47 pp.

CONAFOR Comisión Nacional Forestal, 2017: Gerencia de Sanidad Forestal, México.

CONAMA, 2008: *Plan Nacional de Acción de Cambio Climático 2008-2012 (PANCC).* Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, Chile.

CONANP, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C. y The Nature Conservancy (TNC), 2011: *Guía para la elaboración de programas de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas.* Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Ciudad de México.

CONANP, 2014: *Programa de Adaptación al Cambio Climático del Complejo Cuatrociénegas.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México.

Confederación Hidrográfica del Duero, 2011: http://contratoderiomatarranya.org/documentos/BP-restauracion/BP1.pdf

Conservation International, 26 de julio de 2018: *Adaptación al cambio climático basada en el manejo de ecosistemas para pequeños productores agrícolas de subsistencia y cafetaleros en América Central (CASCADA),* https://www.conservation.org/projects/Pages/sobre-cascada.aspx

Córdoba R., 2018: UICN CEM Mesoamerica y consultora Proyecto Humedales SINAC-GEF.

Corrales, L. y W. Murillo, 2018: Diseño e implementación de acciones de adaptación al cambio climático en un humedal Ramsar del bosque seco. *Revista Ambientico,* 266, artículo 7, 41-49. Disponible en http://www.ambientico.una.ac.cr/rev_ambientico.php?revID=266

Correia, R.A., M.N. Bugalho, A.M. Franco y J.M. Palmeirim, 2018: Contribution of spatially explicit models to climate change adaptation and mitigation plans for a priority forest habitat. *Mitigation and adaptation strategies for global change,* 23(3), 371-386.

Cortés Bianchi, M.A., 2017: *Restauración ecológica de los bosques de Araucaria araucana (Molina) K. Koch de la Cordillera de Nahuelbuta en la Región de la Araucanía, Chile*. Ph. D. Thesis, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Cortés-Donoso E., K. Podvin y A. Casteller, 2017: *Reporte final: Ecosistemas para la Protección de la Infraestructura y Comunidades en Chile.* Quito y Santiago de Chile: UICN, SLF y MMA. X+53pp.

CREAMAgua, 2019a: http://www.creamagua.com/proyecto.htm

CREAMAgua, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.premioconama.org/bo/bancorecursos/banco_imagenes/premios13/inscripciones/150_Memoria%20Monegros.pdf

Davidson, N.C., 2014: How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research,* 65(10), 934-941.

Doblas-Miranda, E., R. Alonso, X. Arnan, V. Bermejo, L. Brotons, J. de las Heras, M. Estiarte, J.A. Hódar, P. Llorens, F. Lloret, F.R. López-Serrano, J. Martínez-Vilalta, D. Moya, J. Peñuelas, J. Pino, A. Rodrigo, N. Roura-Pascual, F. Valladares, M. Vilàl, R. Zamora y J. Retana, 2017: A review of the combination among global change factors in forests, shrublands and pastures of the Mediterranean Region: Beyond drought effects. *Global and Planetary Change,* 148, 42-54.

DOF Diario Oficial de la Federación, 2012: Ley General de Cambio Climático, México.

Donoso P.J., C. Frene, M. Flores, M.C. Moorman, C.E. Oyarzún y J.C. Zavaleta, 2014: Balancing water supply and old-growth forest conservation in the lowlands of south-central Chile through adaptive co-management. *Landscape Ecology,* 29: 245-260.

Dussaillant A, G. Benito, W. Buytaert, P. Carling, C. Meier y F. Espinoza, 2010: Repeated glacial-lake outburst floods in Patagonia: An increasing hazard? *Natural Hazards,* 54(2), 469-481.

Eakin, H. y M.C. Lemos, 2010: Adaptive capacity to global change in Latin America. *Global Environmental Change,* 20(1), 1-32.

EEA, European Environment Agency, 2013: *Adaptation in Europe. Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments.* EEA Report n.° 3/2013, European Environment Agency.

Eigenbrod, F., P. Gonzalez, J. Dash y I. Steyl, 2015: Vulnerability of ecosystems to climate change moderated by habitat intactness. *Global Change Biology,* 21(1), 275-286.

EME (Evaluación de los ecosistemas del Milenio de España), 2011: *La evaluación de los ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de resultados.* Fundación Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, http://www.ecomilenio.es/documentos/documentos-eme

Epiwater, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.feem-project.net/epiwater

Epiwater, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.chsegura.es/chs_en/index.html

Epiwater, 2019c: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.chtajo.es

Escudero, A., R. García-Camacho, A. García-Fernández, R.G. Gavilán, L. Giménez-Benavides, J.M. Iriondo, C. Lara-Romero, J. Morente, y D.S. Pescador, 2012: Vulnerabilidad al cambio global en la alta montaña mediterránea. *Revista Ecosistemas,* 21(3), 63-72.

Espinoza, J.C., J. Ronchail, F. Frappart, W. Lavado, W. Santini y J.L. Guyot, 2013: The major floods in the Amazonas River and tributaries (Western Amazon basin) during the 1970-2012 period: A focus on the 2012 flood. *Jr. of Hydrometeorology,* 14: 1000-1008.

Frolking, S., J. Talbot, M.C. Jones, C.C. Treat, J.B Kauffman, E.-S.Tuittila y N. Roulet, 2011: Peatlands in the Earth's 21st century coupled climate-carbon system. *Environ. Rev.,* 19, 371-396.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, 2015: *Adaptação baseada em Ecossistemas: Oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas.* Fundação Grupo Boticário, Curitiba, 2a Edição, 82 pp., http://www.fundacaogrupoboticario.org.br/pt/StaticFiles/AbE_2015.pdf

Gloor, M., R. Brienen, D. Galbraith, T. Feldpausch, J. Schöngart, J.L. Guyot, J. Espinoza, J. Lloyd y O. Phillips, 2013: Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. *Geophysical Research Letters,* 40, 1729-1733.

González, E., S. Martín y R. Urquiaga, 2015: Las reservas naturales fluviales y la planificación ecológica. *Ambienta,* 110: 60-81.

Groombridge, B., 1992: Status of the Earth's living resources. En *Global Biodiversity*. World Conservation Monitoring Center.

Hamilton, S.K., S.J. Sippel y J.M. Melack, 2002: Comparison of inundation patterns among major South American floodplains. *J. Geophys. Res. Atmos*, 107: 1-14.

Hannah, L., C.I. Donatti, C.A. Harvey, E.A. Daniel, A. Rodriguez, C. Bouroncle, E. Castellanos, F. Diaz, E. Fung, H.G. Hidalgo, P. Imbach, P. Läderach, J.P. Landrum y A.L. Solano, 2017: Regional modeling of climate change impacts on smallholder agriculture and ecosystems in Central America. *Climatic Change*, 141, 29-45.

Hannah, L., G. Midgley, S. Andelman, M. Araújo, G. Hughes, E. Martinez-Meyer, R. Pearson y P. Williams, 2007: Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment,* 5(3), 131-138.

Hernández-Guzmán, R., A. Ruiz-Luna, C.A. Berlanga-Robles y J.T. Ponce-Palafox, 2016: Analysis of flood pulse dynamics in the lower basin of the San Pedro River (northwestern Mexico) using remote sensing. *Latin American Journal of Aquatic Research,* 44(2), 293-304.

Hernández, L., I. Cañellas, I. Alberdi, I. Torres y F. Montes, 2014: Assessing changes in species distribution from sequential large-scale forest inventories. *Annals of Forest Science,* 71(2), 161-171.

Herrero, A. y R. Zamora, 2014: Plant responses to extreme climatic events: a field test of resilience capacity at the southern range edge. *Plos One,* 9(1), e87842.

Hidalgo, H.G., J.A. Amador, E.J. Alfaro y B. Quesada, 2013: Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology,* 495, 94-112.

Hoffman, K. y M.A. Centeno, 2003: The lopsided continent: inequality in Latin America. *Annual Review of Sociology,* 29(1), 363-390.

Honorio Coronado, E.N. y F.C. Draper, 2017: A monitoring network to detect the impact of climate change on tree biodiversity and carbon in Amazonian floodplain forests. En: *Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2017) e Lima Declaration on Biodiversity and Climate Change: Contributions from Science to Policy for Sustainable Development* [Rodríguez, L. e I. Anderson (eds.)]. Technical Series, n.º 89. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 156 pp.

Imbach, P., L. Molina, B. Locatelli, O. Roupsard, G. Mahé, R. Neilson, L. Corrales, M. Scholze y P. Ciais, 2012: Modeling potential equilibrium states of vegetation and terrestrial water cycle of Mesoamerica under climate change scenarios. *Journal of Hydrometeorology,* 13(2), 665-680.

INECC, 2013: *Vulnerabilidad al cambio climático en los municipios de México.* Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, México.

Iniesta, P., 2012: La CHD recupera el valor ecológico del Órbigo en Carrizo con 2,5 millones, versión del 16 de agosto de 2012. *Diario de León,* León, España. Consultado en el 16 de enero de 2020, https://www.diariodeleon.es/articulo/provincia/chd-recupera-valor-ecologico-orbigo-carrizo-25-millones/201208160400001276776.html

IUCN, 2009: *Wildlife in a changing world: an analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species.* International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.

IPBES, 2018a: *Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* [J. Rice, C.S. Seixas, M.E. Zaccagnini, M. Bedoya Gaitán, N. Valderrama, C.B. Anderson, M.T.K. Arroyo, M. Bustamante, J. Cavender-Bares, A. Diaz-de-Leon, S. Fennessy, J.R. García Márquez, K. Garcia, E.H. Helmer, B. Herrera, B. Klatt, J.P. Ometto, V. Rodríguez Osuna, F.R. Scarano, S. Schill y J.S. Farinaci (eds.)]. IPBES Secretariat, Bonn.Germany, 41 pp.

IPBES, 2018b: *Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services* [M. Fisher, M. Rounsevell, A. Torre-Marin Rando, A, Mader, A. Church, M. Elbakidze, V. Elias, T. Hahn, P.A. Harrison, J. Hauck, B. Martin-López, I. Ring, C. Sandstrôm, I. Sousa Pinto, P. Visconti, N.E. Zimmermann y M. Christie (eds.)]. IPBES Secretariat, Bonn, Germany, 48 pp.

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 pp.

Jenkins, C.N. y L. Joppa, 2009: Expansion of the global terrestrial protected area system. *Biological conservation,* 142(10), 2166-2174.

Jiménez, M., A. Chain y B. Locatelli, 2009: Efectos del cambio climático en la distribución de zonas de vida en Centroamérica. *Recursos Naturales y Ambiente,* 59-60, 32-4032-40.

Joppa L.N. y A. Pfaff, 2011: Global protected area impacts. *Proc R Soc Lond B Biol Sci.,* 278, 1633-1638.

Junk, W.J., 2001: The flood pulse concept of large rivers: learning from the tropics, *SIL Proceedings,* 1922-2010, 27:7, 3950-3953, DOI: 10.1080/03680770.1998.11901733

Junk, W.J., S. An, C.M. Finlayson, B. Gopal, J. Kvêt, S.A. Mitchell y R.D. Robarts, 2013: Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic sciences,* 75(1), 151-167.

Keeley, J.E., J.G. Pausas, P.W. Rundel, W.J. Bond y R.A. Bradstock, 20011: Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. *Trends in plant science,* 16(8):406-11

Klein, R.J., E.L.F. Schipper y S. Dessai, 2005: Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions. *Environmental science & policy*, 8(6), 579-588.

Koepke, D.F., T.E. Kolb y H.D. Adams, 2010: Variation in woody plant mortality and dieback from severe drought among soils, plant groups, and species within a northern Arizona ecotone. *Oecologia,* 163(4), 1079-1090.

Kok, M.T.J. y H.C. De Coninck, 2007: Widening the scope of policies to address climate change: directions for mainstreaming. *Environmental science & policy,* 10(7-8), 587-599.

Koutroulis, A.G., L.V. Papadimitriou, M.G. Grillakis, I.K. Tsanis, K. Wyser y R.A. Betts, 2018: Freshwater vulnerability under high end climate change. A pan-European assessment. *Science of the Total Environment,* 613-614, 271-286, http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.074

Larson, J., N. Moncada, C. Ruiz y P. Salinas, 2016: Parque Nacional Torres del Paine con buena «cicatrización». *Chile Forestal,* 383, 30-32.

Lazos-Chavero, E., T.H. Mwampamba y E. García-Frapolli, 2018: Uncovering links between livelihoods, land-use practices, vulnerability and forests after hurricane Jova in Jalisco, México. *Forest ecology and management,* 426, 27-38.

Leal Rivera, J.C., M. Miranda Quirós y M. Gutiérrez Miranda, 2018: Rehabilitación de ecosistemas de humedal como medida de adaptación a los impactos de la variabilidad climática: El caso del sitio Ramsar Palo Verde, humedales Mata Redonda y Corral de Piedra. *Revista Ambientico,* 266, 58-65, http://www.ambientico.una.ac.cr/rev_ambientico.php?revID=266

Lemus M. A. Maureira y M. Ortega, 2016: La Rufina: una experiencia pionera. *Chile Forestal,* 383:20-21.

Life ADAPTAMED, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=5248

Life ADAPTAMED, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://www.lifeadaptamed.eu/

Life Boscos, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=3280

Life Boscos, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://lifeboscos.cime.es/portal.aspx?IDIOMA=2

Life Canal, 2019: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=3157

Life Green Link, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=5669

Life Green Link, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://thegreenlink.eu/es/inicio/

Life MEDACC, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4690

Life MEDACC, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://medacc-life.eu/

Life Mix For Change, 2019: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=5673

Life MONTADO, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=5658

Life MONTADO, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.lifemontadoadapt.com/?p=81

Life Shara, 2019: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://fundacion-biodiversidad.es/es/cambio-climatico-y-calidad-ambiental/proyectos-propios/life-shara

Lim, B. y E. Spanger-Siegfried (eds.), 2006: *Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollo de políticas, estrategias y medidas.* Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, New York.

Locatelli, B., G. Fedele, V. Fayolle y A. Baglee, 2016: Synergies between adaptation and mitigation in climate change finance. *International Journal of Climate Change Strategies and Management,* 8(1), 112-128.

Madrigal-González, J., A. Herrero, P. Ruiz-Benito y M.A. Zavala, 2017: Resilience to drought in a dry forest: insights from demographic rates. *Forest ecology and management,* 389, 167-175.

Maestre, F.T., C. Escolar, M.L. de Guevara, J.L. Quero, R. Lázaro, M. Delgado-Baquerizo, V. Ochoa, M. Berdugo, B. Gozalo y A. Gallardo, 2013: Changes in biocrust cover drive carbon cycle responses to climate change in drylands. *Global Change Biology,* 19(12), 3835-3847.

Maglianesi, M.A., 2016: Efectos del cambio climático sobre la polinización y la producción agrícola en América tropical. *Ingeniería,* 11-20, https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/25272/25540

Magrin, G. , 2015: *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. CEPAL, https://www.cepal.org/es/publicaciones/39842-adaptacion-al-cambio-climatico-america-latina-caribe

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

Manson, R.H. y E.J. Jardel Peláez, 2009: Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. En: *Capital natural de México:* vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 131-184.

Martínez-Austria, P.F. y C. Patiño-Gómez, 2012: Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y ciencias del agua,* 3(1), 5-20.

Martínez-Fernández, V., E. González, J.C. López-Almansa, S.M. González y D. García de Jalón, 2017: Dismantling artificial levees and channel revetments promotes channel widening and regeneration of riparian vegetation over long river segments. *Ecological Engineering,* 108, 132-142.

Matías, L., R. Zamora y J. Castro, 2012: Sporadic rainy events are more critical than increasing of drought intensity for woody species recruitment in a Mediterranean community. *Oecologia,* 169(3), 833-844.

Mitsch, W.J., A. Nahlik, P. Wolski, B. Bernal, L. Zhang y L. Ramberg, 2010: Tropical wetlands: seasonal hydrologic pulsing, carbon sequestration, and methane emissions. *Wetlands ecology and management,* 18(5), 573-586.

Mitsch, W.J., L. Zhang, K.C. Stefanik, A. M. Nahlik, C.J. Anderson, B. Bernal, M. Hernandez y K. Song, 2012: Creating wetlands: primary succession, water quality changes, and self-design over 15 years. *Bioscience,* 62(3), 237-250.

MMA, 2014: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile.

MMA, 2016: *Plan de Acción de Cambio climático 2017-2022 (PANCC-II).* Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile.

Monzón, J., L. Moyer-Horner y M.B. Palamar, 2011: Climate change and species range dynamics in protected areas. *Bioscience,* 61(10), 752-761.

Morera, S.B., T. Condom, A. Crave, P. Steer y J.L. Guyot, 2017: The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968–2012). *Scientific Reports,* 7, 11947, DOI: 10.1038/s41598-017-12220-x

Munang, R., I. Thiaw, K. Alverson, M. Mumba, J. Liu y M. Rivington, 2013: Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 5(1), 67-71.

Nicholls, R.J., 2004: Coastal flooding and wetland Loss in the 21st century: Changes under the SRES climate and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change,* 14: 69-86.

O'Donnell, C., J. Recharte y A. Taber, 2016: Climate change, mountain people and water resources-the experiences of the Mountain Institute, Peru. *Unasylva,* 67(246), 75-80.

Oficina Española de Cambio Climático, 2008: *Plan Nacional de adaptación al cambio climático. Primer programa de trabajo. Primer informe de seguimiento. 2008.* Secretaría de Estado de Cambio Climático. Documento consultado el 4 de febrero de 2018, http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/1_informe_seguimineto_pnacc_tcm7-197097.pdf

Oficina Española de Cambio Climático, 2011: *Plan Nacional de adaptación al cambio climático. Segundo informe de seguimiento. Mayo-2011.* Secretaría de Estado de Cambio Climático. Documento consultado el 4 de febrero de 2018, http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2_prog_trabajo_tcm7-197100.pdf

Oficina Española de Cambio Climático, 2014: *Plan Nacional de adaptación al cambio climático. Tercer informe de seguimiento. Enero-2014.* Secretaría de Estado de Cambio Climático. Documento consultado el 4 de febrero de 2018, http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/3_informe_seguimiento_pnacc_tcm7-312797.pdf

Oliver, T.H., M.S. Heard, N.J. Isaac, D.B. Roy, D. Procter, F. Eigenbrod, R. Freckleton, A. Hector, D.L. Orme, O.L. Petchey, V. Proença, D. Raffaelli, K. Blake Suttle, G.M. Mace, B. Martín-López, B.A. Woodcock y J. M.Bullock, 2015: Biodiversity and resilience of ecosystem functions. *Trends in Ecology and Evolution,* 30, 673-684.

Oliveras, I., C. Girardin, C.E. Doughty, N. Cahuana, C.E. Arenas, V. Oliver, W. Huaraca Hausco y Y. Malhi, 2014: Andean grasslands are as productive as tropical cloud forests. *Environmental Research Letters,* 9(11), 115011.

Opdam, P. y D. Wascher, 2004: Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research conservation. *Biological Conservation,* 117, 285-297.

Órbigo, 2019a. Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://vimeo.com/67873348

Órbigo, 2019b. Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://www.iagua.es/noticias/videos/14/01/29/restauracion-de-rios-y-prevencion-de-inundaciones-el-ejemplo-del-orbigo-44273

Pacto Mata Atlántica, 2019. Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.pactomataatlantica.org.br

Palmer J., 2017: Chile's glacial lakes pose newly recognized flood threat. *Science,* 355, 1004-1005.

Palmer, M.A., D.P Lettenmaier, N.L Poff, S.L. Postel, B. Richter y R. Warner, 2009: Climate Change and River Ecosystems: Protection and Adaptation Options. *Environmental Management,* 44, 1053-1068.

Pausas, J.G., 2004: Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin). *Climatic change*, 63(3), 337-350.

Pecl, G.T., M.B. Araújo, J.D. Bell, J. Blanchard, T.C. Bonebrake, I.C. Chen, T.D. Clark, R.K. Colwell, F. Danilsen, B. Evengard, L. Falconi, S. Ferrier, S. Frusher, R.A. Garcia, R.B. Griffis, A.J. Hobday, C. Janion-Scheepers, M.A. Jarzyna, S. Jennings, J. Lenoir, H.I. Linnetved, V.Y. Martin, P.C. McCormack, J. McDonald, N.J. Mitchell, T. Mustonen, J. M. Pandolfi, N. Pettorelli, E. Popova, S.A. Robinson, B.R. Scheffers, J.D. Shaw, C.J. B. Sorte, J. M. Strugnell, J.M. Sunday, M-N. Tuanmu, A. Vergés, C. Villanueva, T. Wernberg, E. Wapstra y S.E. Williams, 2017: Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science,* 355, eaai9214.

Peñuelas, J. y M. Boada, 2003: A global change induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global change biology,* 9(2), 131-140.

Peñuelas, J., J. Sardans, I. Filella, M. Estiarte, J. Llusià, R. Ogaya, J. Carnicer, M. Bartrons, A. Rivas-Ubach, O. Grau, G. Peguero, O. Margalef, S. Pla-Rabés, C. Stefanescu, D. Asensio, C. Preece, L. Liu, A. Verger, L. Rico, A. Barbeta, A. Achotegui-Castells, A. Gargallo-Garriga, D. Sperlich, G. Farré-Armengol, M. Fernández-Martínez, D. Liu, C. Zhang, I. Urbina, M. Camino, M. Vives, D. Nadal-Sala, S. Sabaté, C. Gracia y J. Terradas, 2017: Assessment of the impacts of climate change on Mediterranean terrestrial ecosystems based on data from field experiments and long-term monitored field gradients in Catalonia. *Environmental and Experimental Botany,* 152, 49-59.

Pereira, H.M., T. Domingos, L. Vicente y V. Proença (eds.), 2009: *Ecossistemas e Bem-Estar Humano. Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Escolar Editora, https://www.researchgate.net/publication/271846628_Ecossistemas_e_bem-estar_humano_avaliacao_para_Portugal_do_Millennium_Ecosystem_Assessment

Pérez, C.A. y J.J. Armesto, 2018: Coupling of microbial nitrogen transformations and climate in sclerophyll forest soils from the Mediterranean Region of central Chile. *Science of the Total Environment,* 625, 394-402.

Pérez CA, M.R. Carmona, J.C. Aravena, J.M. Fariña y J.J. Armesto, 2009: Environmental controls and cumulative radial increment of evergreen tree species in montane, temperate rainforests of Chiloé Island, southern Chile. *Austral Ecology,* 34:259-271.

Petrescu, A.M.R., A. Lohila, J.P. Tuovinen, D.D. Baldocchi, A.R. Desai, N.T. Roulet, T. Vesala, A.J. Dolman, W.C. Oechel, B. Marcolla, T. Friborg, J. Rinne, J.H. Matthes, L. Merbold, A. Meijide, G. Kiely, M. Sottocornola, T. Sachs, D. Zona, A. Varlagin, D.Y.F. Lai, E. Veenendaal, F.W. Parmentier, U. Skiba, M. Lund, A. Hensen, J. Van Huissteden, L.B. Flanagan, N.J. Shurpali, T. Grünwald, E.R. Humphreys, M. Jackowicz-Korczy ski, M.A. Aurela, T. Laurila, C. Grüning, C.A.R. Corradi, A.P. Schrier-Uijl, T.R. Christensen, M.P. Tamstorf, M. Mastepanov, P.J. Martikainen, S.B. Verma, C. Bernhofer y A. Cescatti, 2015: The uncertain climate footprint of wetlands under human pressure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(15), 4594-4599.

PIMA Adapta, 2019: *Plan PIMA Adapta Agua.* Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://www.miteco.gob.es/es/agua/planes-y-estrategias/plan-pima-adapta-agua.aspx

PIMA Adapta, 2015: *Memoria de las actuaciones del Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España (PIMA Adapta) 2015.* Documento web consultado en diciembre de 2019, http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/red-seguimiento/pima-adapta/libro-actuaciones-PIMA.aspx

Plieninger, T., 2006: Habitat loss, Fragmentation, and Alteration. Quantifying the Impact of Land-use Changes on a Spanish Dehesa Landscape by Use of Aerial Photography and GIS. *Landscape Ecology,* 21(1), 91-105.

Pliscoff, P. 2015: *Aplicación de los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para la evaluación de riesgo de ecosistemas terrestres de Chile.* Informe técnico elaborado por Patricio Pliscoff para el Ministerio del Medio Ambiente. Santiago, Chile, 63 pp.

PNUMA 2016. Resolución 1/8: adaptación basada en los ecosistemas, https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-12/cop-12-dec-20-es.doc

Quintana, J.M. y P. Aceituno, 2012: Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43° S. *Atmósfera,* 25(1), 1-22.

Rabatel, A., B. Francou, A. Soruco, J. Gomez, B. Cáceres, J.L. Ceballos, R. Basantes, M. Vuille, J.-E. Sicart, C. Huggel, M. Scheel, Y. Lejeune, Y. Arnaud, M. Collet, T. Condom, G. Consoli, V. Favier, V. Jomelli, R. Galarraga, P. Ginot, L. Maisincho, J. Mendoza, M. Menegoz, E. Ramirez, P. Ribstein, W. Suarez, M. Villacis y P. Wagnon, 2012: Review article of the current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere Discuss,* 6, 2477-2536

Red Natura 2000, 2019: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/

REDD/CCAD-GIZ, 2015: *Atlas Municipal Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras.* http://www.reddccadgiz.org/noticia.php?id=382

Reservas Fluviales, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/RNF-declaradas.aspx

Reservas Fluviales, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-rnf.pdf

Restauremos Chile, 2019: Sitio web consultado en diciembre de 2019, www.restauremoschile.cl

Ribeiro, M.C., J.P. Metzger, A.C. Martensen, F.J. Ponzoni y M.M. Hirota, 2009: The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation,* 142(6), 1141-1153.

Rodrigues, R.R., S. Gandolfi, A.G. Nave, J. Aronson, T.E. Barreto, C.Y. Vidal y P.H. Brancalion, 2011: Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. *Forest Ecology and Management,* 261(10), 1605-1613.

Rodríguez–Catón, M., R. Villalba, M. Morales y A. Srur, 2016: Influence of droughts on *Nothofagus pumilio* forest decline across northern Patagonia, Argentina. *Ecosphere,* 7(7): e01390. 10.1002/ecs2.1390.

Rojas Y., C. Bahamondez, M. Martin, C. Buchner, S. Muller-Using y R. Guiñez, 2016: *Medidas de Adaptación al Cambio Climático de los Ecosistemas Forestales.* Informe técnico 208, INFOR.

Romero-Díaz, A., J.D. Ruiz-Sinoga, F. Robledano-Aymerich, E.C. Brevik y A. Cerdà, 2017: Ecosystem responses to land abandonment in Western Mediterranean Mountains. *Catena,* 149, 824-835.

Ruthsatz, B., 2008: Hartpolstermoore der Hochanden NW-Argentiniens als Indikatores für Klimagradienten. *Mitt. Arbeitsgem. Geobot. Schleswig-Holstein Hamb,* 65, 209-238.

Ruthsatz, B., 2012: Vegetación y ecología de los bofedales alto-andinos de Bolivia. *Phytocoenologia,* 42 (3-4), 133-179.

Salazar, A., G. Baldi, M. Hirota, J. Syktus y C. McAlpine, 2015: Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review. *Global and Planetary Change,* 128, 103-119.

Salazar, L.F., C.A. Nobre y M.D. Oyama, 2007: Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters,* 34(9), L09708.

Sánchez Martínez, F.J., 2015: *La importancia de la participación pública y educación ambiental en los proyectos de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos,* versión noviembre de 2015. Primeras jornadas de educación ambiental de la Confederación Hidrográfica del Tajo, MAGRAMA, Gobierno de España. Documento consultado el 16 de enero de 2020, http://www.chtajo.es/Servicios/Biodiversidad/JornadasTecnicas/Documents/Educaci%C3%B3nAmbiental/MAGRAMA-ESTRATEGIA%20NACIONAL%20DE%20RESTAURACION%20DE%20RIOS.pdf

Scarano, F.R. y P. Ceotto, 2015: Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. B*iodiversity and Conservation,* 24(9):2319-31.

Seddon, A.W., M. Macias-Fauria, P.R. Long, D. Benz y K.J. Willis, 2016: Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature,* 531(7593), 229-232.

Segan, D.B., K.A. Murray y J.E.M Watson, 2016: A global assessment of current and future biodiversity vulnerability to habitat loss-climate change interactions. *Global Ecology and Conservation,* 5, 12-21.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012: *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México DF.

SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014: *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC).* México.

Sgro, C.M., A.J. Lowe y A.A. Hoffmann, 2011: Building evolutionary resilience for conserving biodiversity under climate change. *Evolutionary Applications,* 4(2), 326-337.

Sisvuclima, 2019. Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.sisvuclima.com.br/

Song, X.P., M.C. Hansen, S.V. Stehman, P. V. Potapov, A. Tyukavina, E.F. Vermote y J.R. Townshend, 2018: Global land change from 1982 to 2016. *Nature,* 560(7720), 639-643.

Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S.E. Cornell, I. Fetzer, E.M. Bennett, R. Biggs, S.R. Carpenter, W. de Vries, C.A. de Wit, C. Folke, D. Gerten, J. Heinke, G.M. Mace, L.M. Persson, V. Ramanathan, B. Reyers y S. Sörlin, 2015: Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science,* 347(6223), 1259855.

Suarez M.L., L. Ghermendi y T. Kitsberger, 2004: Factors predisposing tree mortality in *Nothofagus*-site, climatic sensitivity and growth trends. *Journal of Ecology,* 92, 954-66.

Suarez, M.L. y T. Kitzberger, 2008: Recruitment patterns following a severe drought: long-term compositional shifts in Patagonian forests. *Canadian Journal of Forest Research,* 38(12), 3002-3010.

Sunday, J.M., A.E. Bates, M.R. Kearney, R.K. Colwell, N.K. Dulvy, J.T. Longino y R.B. Huey, 2014: Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 111(15), 5610-5615.

Swart, R.O.B. y F. Raes, 2007: Making integration of adaptation and mitigation work: mainstreaming into sustainable development policies? *Climate policy,* 7(4), 288-303.

Tamera, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.tamera.org/project-groups/autonomy-ecology

Tamera, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.youtube.com/watch?v=4hF2QL0D5ww

Tamera, 2019c: Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://www.youtube.com/watch?v=dzgrGatvY3E

Tol, R.S., 2005: Adaptation and mitigation: trade-offs in substance and methods. *Environmental Science & Policy,* 8(6), 572-578.

Torres, I., A. Parra, J.M. Moreno y W. Durka, 2018: No genetic adaptation of the Mediterranean keystone shrub Cistus ladanifer in response to experimental fire and extreme drought. *Plos one,* 13(6), e0199119.

Torres, I., B. Pérez, J. Quesada, O. Viedma y J.M. Moreno, 2016: Forest shifts induced by fire and management legacies in a Pinus pinaster woodland. *Forest Ecology and Management,* 361, 309-317.

Trenberth, K.E., A. Dai, G. Van Der Schrier, P.D. Jones, J. Barichivich, K.R. Briffa y J. Sheffield, 2014: Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change,* 4(1), 17-22.

Turetsky, M.R., B. Benscoter, S. Page, G. Rein, G.R. van der Werf y A. Watts, 2015: Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. *Nature Geoscience,* 8(1), 11-14.

UK Met Office. INECC, 2013: *Climate: observations, projections and impacts. Summary factsheet Mexico,* http://www.metoffice.gov.uk/climatechange/policy-relevant/obs-projections-impacts

UNEP, 2010: *Environment Outlook of Latin America and Caribbean* (GEO-Latin America and the Caribbean 3, 380 pp., http://hdl.handle.net/20.500.11822/8663

UNEP, ECLAC, and UNEP-GRID Arendal, 2010: *Vital Climate Change Graphics for Latin America and the Caribbean,* 40 pp., https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/189/original/LAC_Web_eng_2011-01-03.pdf?1486715357

Urbieta, I.R., M. Franquesa, O. Viedma y J.M. Moreno, 2019: Fire activity and burned forest lands decreased during the last three decades in Spain. *Annals of Forest Science,* 76(3), 90.

Valladares, F., J. Peñuelas y E. de Luis Calabuig, 2005: Impactos sobre los ecosistemas terrestres. En: *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático* [J.M. Moreno Rodríguez (ed.)], Ministerio de Medio Ambiente, pp. 65-112.

Van der Werf, G.R., J.T. Randerson, L. Giglio, G.J. Collatz, M. Mu, P.S. Kasibhatla, D.C. Morton, R.S. De Fries, Y. Jin y T.T. Van Leeuwen, 2010: Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009). *Atmospheric chemistry and physics,* 10(23), 11707-11735.

Venegas-González A, F. Roig, A. Gutiérrez y M. Tomazello, 2018: Recent radial growth decline in response to increased drought conditions in the northernmost *Nothofagus* populations from South America. *Forest Ecology and Management,* 409, 94-104.

Vergara, W., 2009: *Assessing the potential consequences of climate destabilization in Latin America (English)*. Latin America and Caribbean Region sustainable development working paper, n.º 32. Washington DC, World Bank Group, 117 pp. http://documents.worldbank.org/curated/en/898351468242097991/Assessing-the-potential-consequences-of-climate-destabilization-in-Latin-America

Vicente-Serrano S.M. y A. Heredia-Laclaustra, 2004: NAO influence on NDVI trends in the Iberian Peninsula (1982–2000). *Int J Rem Sens,* 25, 2871-2879.

Vidal-Macua, J.J., M. Ninyerola, A. Zabala, C. Domingo-Marimon y X. Pons, 2017: Factors affecting forest dynamics in the Iberian Peninsula from 1987 to 2012. The role of topography and drought. *Forest ecology and management*, 406, 290-306.

Villers, L. y I. Trejo, 1998: Impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Interciencia Revista de Ciencia y Tecnología,* 23(1), 10-19.

Viviroli, D., D.R. Archer, W. Buytaert, H.J. Fowler, G.B. Greenwood, A.F. Hamlet, Y. Huang, G. Koboltschnig, M.I. Litaor, J.I. Lopez-Moreno, S. Lorentz, B. Schadler, K. Schwaiger, M. Vuille y R. Woods, 2010: Climate change and mountain water resources: overview and recommendations for research, management and politics. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.,* 7, 2829-2895.

Walter C., C.A. Pérez y F.M. Thomas, 2016: Weather or weathering? Growth of *Nothofagus dombeyi* on volcanic soils differing in nitrogen and phosphorus concentrations. *Journal of Plant Ecology,* 9, 596-607.

Waterchange, 2019a. Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.cuadll.org/modules/home/files/1-Water_Change_.pdf

Waterchange, 2019b. Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://www.iagua.es/blogs/cetaqua/proyecto-life-water-change-considerar-el-cambio-global-en-la-gestion-de-los-recursos-hidricos

Watson, J.E.M., T. Iwamura y N. Butt, 2013: Mapping vulnerability and conservation adaptation strategies under climate change. *Nature Climate Change,* 3, 989-994.

Wehner, M., D.R. Easterling, J.H. Lawrimore, R.R. Heim Jr., R.S. Vose y B.D. Santer, 2011: Projections of future drought in the continental United States and Mexico. *Journal of Hydrometeorology,* 12(6), 1359-1377.

Wiens, J.A., N.E. Seavy y D. Jongsomjit, 2011: Protected areas in climate space: What will the future bring? *Biological Conservation,* 144(8), 2119-2125.

WWAP, Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos/ONU-Agua, 2018: *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua.* París, UNESCO.

Yahdjian, L. y O.E. Sala, 2008: Climate change impacts on South American rangelands. *Rangelands,* 30(3), 34-39.

Zavala-Hidalgo, J., R. de Buen, K.R. Romero-Centeno y F. Hernández-Maguey, 2010: Tendencias del nivel del mar en las costas mexicanas. En: *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático* [Botello, V.A., S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez y J.L. Rojas-Galaviz (eds.)]. SEMARNAT-INE-UNAM- ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, pp. 249-268.

Zehetner, F., y W.P. Miller, 2006: Erodibility and runoff-infiltration characteristics of volcanic ash soils along an altitudinal climosequence in the Ecuadorian Andes. *Catena,* 65(3), 201-213.

Zhang, K., A.D. de Almeida Castanho, D.R. Galbraith, S. Moghim, N. M. Levine, R.L. Bras, M.T. Coe, M.H. Costa, Y. Malhi, M. Longo, R. G. Knox, S. McKnight, J. Wang y P.R. Moorcroft, 2015: The fate of Amazonian ecosystems over the coming century arising from changes in climate, atmospheric CO_2 and land-use. *Global Change Biology,* 21: 2569-2587.

Zorrotzaure, 2019a: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://www.zorrotzaurre.com/

Zorrotzaurre, 2019b: Sitio web consultado en diciembre de 2019, http://kitkrak.colaborabora.org/wp-content/uploads/sites/6/2011/07/RegZORROZAURRE_Rosa_Fernandez.pdf

Tabla 3.A. Ejemplos de proyectos que incorporan soluciones basadas en la naturaleza para minimizar los efectos del cambio climático en ecosistemas acuáticos en la Península Ibérica. Fuente: elaboración propia.

Caso	País	Localidad	Escala	Objetivo	Actores	Tipo de actuación	Referencias	Otras fuentes
Proyecto life SHARA	España-Portugal	España y Portugal	Supranacional	Fortalecer la gobernanza de la adaptación al cambio climático e incrementar la resiliencia en España y Portugal	Agencias y organismos estatales de España y Portugal	Generar conocimiento; comunicar, sensibilizar y capacitar, y fomentar y reforzar la coordinación y cooperación entre los agentes clave	Life Shara, 2019	-
EPI-WATER Project: reducir la vulnerabilidad a la sequía mediante incentivos económicos	España-Portugal	Río Segura y río Tajo	Supranacional	Combinar las medidas de infraestructura ya existentes con la implementación de un conjunto de incentivos (instrumentos de política económica) para gestionar las sequías	Estatal y autonómico	Fijación de precios de seguridad del agua. Seguro de sequía. Comercialización de los derechos de uso del agua	Epiwater, 2019a	Epiwater, 2019b; Epiwater, 2019c
Reservas fluviales	España	España	Nacional	Las reservas situadas en zonas de cabeceras fluviales aseguran la provisión de distintos servicios ecosistémicos	Estatal y autonómico	Conservación	Reservas Fluviales, 2019a	González *et ál.* (2015); Reservas fluviales, 2019b
Restablecimiento y gestión de humedales: canal de Castilla (LIFE06/NAT/E/000213)	España	Palencia	Regional	Restauración, manejo y monitoreo de 35 pequeños humedales asociados al canal de Castilla	Fundación Global Nature	Restauración de pequeños humedales	Life Canal, 2019	
Proyecto WATERCHANGE	España	Río Llobregat	Regional	Desarrollar una metodología y herramienta para analizar cómo evolucionan los recursos hídricos a medio y largo plazo en un escenario de cambio global	CETAQUA (Centro Tecnológico del Agua)	Herramienta para elaborar escenarios futuros, evaluar los posibles impactos del cambio climático y proponer estrategias de adaptación	Waterchange, 2019a	Waterchange, 2019b
Proyecto CREAMAgua	España	Comarca Monegros	Regional	Mejorar la calidad del agua procedente de la actividad agrícola y otros servicios ecosistémicos y aumentar la biodiversidad mediante la construcción de humedales y la restauración de la vegetación de ribera	Comarca de los Monegros y entidades públicas y privadas	Construcción y restauración de 16 humedales y restauración ecológica de unas 70 hectáreas de ribera	CreamAgua, 2019a	CreamAgua, 2019b
El distrito de Zorrotzaurre	España	Bilbao	Local	Regenerar un tramo del río Nervión que se inunda para utilizarlo como zona de regeneración urbana	Consorcio público-privado	Restauración y ordenación del territorio	Zorrotzaurre, 2019a	Zorrotzaurre, 2019b
Paisaje de retención de agua de Tamera	Portugal	Tamera (Algarve)	Local	Regenerar un paisaje para restaurar el ciclo del agua y disminuir la vulnerabilidad a las sequías	Privado	Restauración del ciclo del agua	Tamera, 2019a	Tamera, 2019b; Tamera, 2019c
Proyecto de mejora ecológica del Río Órbigo	España	Río Órbigo (León)	Local	Mejorar la conectividad lateral del río con la llanura de inundación eliminando la canalización	Proceso de participación ciudadana. Confederación Hidrográfica del Duero	Restauración del río para minimizar las inundaciones	Barquero y Santillán (2012)	Órbigo, 2019a; Órbigo, 2019b
AQUA-PLANN project	España	A Coruña	Local	Pretende la sostenibilidad de las actividades humanas en una cuenca rural y mejorar la coordinación de los gestores del agua	Organismos locales y regionales con participación ciudadana	Mejora del abastecimiento de agua, saneamiento de aguas residuales y gestión integral de la cuenca	Aquaplan, 2019a	Aquaplan, 2019b

Tabla 3.B. Ejemplos de proyectos que incorporan soluciones basadas en la naturaleza para minimizar los efectos del cambio climático en ecosistemas terrestres en la Península Ibérica. Fuente: elaboración propia.

Caso	País	Localidad	Escala	Objetivo	Actores	Tipo de actuación	Referencias	Otras fuentes
Red Natura 2000	España y Portugal (y resto UE)	-	Supranacional, nacional, autonómica	Red internacional de áreas de conservación en forma de Zonas de Especial Conservación (ZEC) y Zonas de Especial Importancia para las Aves (ZEPA). Pretende gestión sostenible de sus territorios. Posibilita la creación de corredores ecológicos	Agencias y organismos estatales y autonómicos	Conservación, conectividad	Red Natura 2000, 2019	-
Proyecto LIFE-ADAPTAMED	España	Andalucía	Local	Protección de servicios ecosistémicos en ambientes mediterráneos, incluyendo montaña y zonas áridas	Agencias y organismos estatales y autonómicos	Gestión forestal, siembra o plantación, retirada de competidores, restauración	Life ADAPTAMED, 2019a	Life ADAPTAMED, 2019b
Plan PIMA Adapta 2015	España	Parques nacionales	Local	Adaptación de masas forestales, creación de hábitats para anfibios	Agencias y organismos estatales	Mejora de hábitats, gestión forestal adaptativa	PIMA Adapta, 2015	-
Adaptación a la sequía en ambientes agrosilvopastorales	Portugal	Alentejo	Local	Gestión agrícola para reducir vulnerabilidad a sequía	Privado	Reducción de estrés hídrico y de la erosión, diversificación de cultivos, mantenimiento y expansión de sistemas agrosilvopastorales tradicionales	Alentejo, 2019	-
Adaptación al cambio climático en sierra de Ayllón	España	Red Natura 2000, sierra de Ayllón	Local	Conservación y mejora de resiliencia en ecosistemas de montaña	Organismos autonómicos	Restauración, ordenación uso público y ganadero, tratamientos silvícolas	Ayllón, 2019.	-
Proyecto LIFE-MONTADO adapt	Portugal, España	Áreas piloto en España y Portugal	Local	Alcanzar sostenibilidad económica, social y ambiental	Organismos públicos y privados	Establecimiento de sistemas integrados de gestión de la dehesa	Life MONTADO, 2019a	Life MONTADO, 2019b
Proyecto LIFE-MEDACC	España	Cuencas de los ríos Muga, Ter y Segre (Cataluña)	Local	Testar medidas de adaptación en consumo de agua, en agricultura y en bosques	Organismos autonómicos	Gestión forestal, técnicas agrícolas para reducir el uso de agua	Life MEDACC, 2019a	Life MEDACC, 2019b
Proyecto LIFE+ Boscos	España	Isla de Menorca	Regional	Desarrollo de gestión forestal sostenible	Organismos autonómicos	Gestión forestal adaptativa: reducción de competencia, desbrozado de matorral, favorecimiento de regeneración por semilla, favorecimiento del pastoreo, restauración hidrológica	Life Boscos, 2019a	Life Boscos, 2019b
Proyecto LIFE-MixForChange	España	Cataluña	Regional	Mejora de la resiliencia de bosques mixtos mediterráneos subhúmedos	Organismos autonómicos y privados	Gestión forestal, desarrollo de herramientas para promover la sostenibilidad económica de productos forestales	Life MixFor Change, 2019	-
Proyecto LIFE The Green Link	España y otros países del Mediterráneo	Cataluña, Almería, Valencia, Gran Canaria, Calabria, Ptolemaida	Local	Desarrollo de un sistema de plantación sin riego que aumente la supervivencia en zonas áridas	Organismos públicos y privados	Preparación, implementación y seguimiento del sistema de plantación	Life Green Link, 2019a	Life Green Link, 2019b

4

Ecosistemas marino-costeros

Jorge Cortés (Costa Rica), Alicia Villamizar (Venezuela),
Gustavo J. Nagy (Uruguay), Pascal O. Girot (Costa Rica),
Karina S. B. Miglioranza (Argentina) y Sebastián Villasante (España).

Se recomienda citar este texto como:

Cortés, J., A. Villamizar, G.J. Nagy, P.O. Girot, K.S.B. Miglioranza y S. Villasante, 2020: Ecosistemas marino-costeros. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 131-160, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Contenido
Resumen ejecutivo ... 133
4.1. Introducción ... 133
4.1.1. Marco conceptual ... 133
4.1.2. Principales cifras sobre los ecosistemas marino-costeros ... 135
4.1.3. Ecosistemas marino-costeros y cambio climático ... 135
4.1.4. Informes previos del IPCC ... 138
4.2. Componentes del riesgo del cambio climático en ambientes marino-costeros ... 139
4.2.1. Amenazas ... 139
4.2.2. Exposición ... 140
4.2.3. Vulnerabilidad ... 140
4.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos ... 141
4.4. Medidas de adaptación ... 142
4.4.1. Opciones de adaptación ... 144
4.4.2. Actividades de adaptación planificada ... 144
4.4.2.1. Escala supranacional ... 146
4.4.2.2. Escala nacional ... 146
4.4.2.3. Escala local ... 147
4.4.3. Actividades de adaptación autónoma ... 147
4.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... 147
4.6. Indicadores de la efectividad de la adaptación ... 148
4.7. Casos de estudio ... 149
4.7.1. Evaluación de vulnerabilidad, escenarios alternativos y adaptación basada en ecosistemas: Uruguay ... 149
4.7.1.1. Resumen del caso ... 149
4.7.1.2. Introducción a la problemática del caso ... 149
4.7.1.3. Descripción del caso ... 149
4.7.1.4. Limitaciones e interacciones ... 150
4.7.1.5. Lecciones identificadas ... 150
4.7.2. Recuperación de manglares en El Delgadito, Baja California, México: exitosa adaptación al cambio climático con base comunitaria ... 150
4.7.2.1. Resumen del caso ... 150
4.7.2.2. Introducción a la problemática del caso ... 150
4.7.2.3. Descripción del caso ... 150
4.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 150
4.7.2.5. Lecciones identificadas ... 151
4.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias ... 152
4.9. Conclusiones ... 152
Preguntas frecuentes ... 152
Agradecimientos ... 153
Bibliografía ... 153

Resumen ejecutivo

Iberoamérica cuenta con una extraordinaria diversidad biológica y la región de América Latina y el Caribe es considerada como una superpotencia en términos de biodiversidad, con gran potencial económico a largo plazo. Una importante proporción de esta biodiversidad se encuentra en los ecosistemas marino-costeros de los países de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC), los cuales incluyen, entre otros, manglares, estuarios, marismas, lechos de pastos marinos, arrecifes coralinos, bosques de macroalgas y regiones de aguas profundas.

Los ecosistemas marino-costeros de los países RIOCC ya están siendo impactados por la actividad humana de forma directa e indirecta y por los efectos del cambio climático. La deforestación, la conversión de suelos para la agricultura, el cultivo de mariscos, la construcción de represas, la minería de sal a gran escala y las descargas de efluentes contaminados al mar, entre otros tensores, acentúan los impactos asociados al cambio climático en los ambientes marino-costeros de Iberoamérica.

La temperatura de los océanos está aumentando y algunas consecuencias son el aumento del nivel del mar, modificación en la distribución, comportamiento y reproducción de especies marinas y alteraciones en los patrones de corrientes oceánicas. Los resultados de estas transformaciones antrópicas y climáticas impactan los ecosistemas reduciendo significativamente su resistencia y resiliencia, comprometiendo su capacidad de proveer bienes y servicios, incluso hasta la extinción de algunas especies. Se prevén severos impactos sobre estos flujos de bienes y servicios para el bienestar humano que incluyen, entre otros, la reducción de los beneficios económicos por la migración de las especies de captura, la disminución de empleos, la pérdida del conocimiento tradicional de las poblaciones costeras y una menor cohesión social de las comunidades costeras, lo que en última instancia provocará una mayor desigualdad en la región.

Los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas marino-costeros de los países RIOCC se manifiestan en un contexto de vulnerabilidad preexistente. La vulnerabilidad se deriva de las actividades humanas que se desarrollan en torno a los ecosistemas marino-costeros (turismo, expansión urbana no planificada, contaminación de fuentes terrestres y auge de la acuicultura). Estas representan una amenaza para las poblaciones de peces, corales y manglares. Ya se han observado algunos de esos impactos en la región, tales como el blanqueamiento de los corales en el Caribe, especialmente asociados al aumento de la temperatura y la pérdida de cobertura de manglares en Latinoamérica. Las actividades humanas ubicadas en zonas costeras bajas de la región también contribuyen al aumento de exposición y vulnerabilidad de poblaciones humanas ante los efectos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar, la erosión costera y las marejadas.

El manejo sostenible e integrado de los ambientes costeros constituye uno de los pilares de la adaptación basada en ecosistemas, que permite potenciar sus funciones y los servicios ecosistémicos. La adaptación basada en ecosistemas es una práctica común en zonas marinas y costeras y es importante para el manejo de manglares, pastos marinos, arrecifes de coral y playas arenosas. Estos ecosistemas tienen la capacidad natural de regular o mitigar los impactos derivados, por ejemplo, de tormentas e inundaciones o por efecto del aumento del nivel del mar. El manejo sostenible de los ambientes costeros (por ejemplo, pesca y acuicultura) contribuye con la adaptación basada en ecosistemas al potenciar las funciones y los servicios ecosistémicos.

Las áreas marinas protegidas son uno de los principales mecanismos para la recuperación de ecosistemas marino-costeros. En regiones protegidas para la conservación, se ha logrado la recuperación de especies, la abundancia de las poblaciones y las funciones ecosistémicas mediante el uso regulado de organismos marino-costeros. Los países RIOCC tienen una proporción significativa de ecosistemas marino-costeros bajo algún tipo de protección legal, aunque en algunos casos la protección no se concreta en la praxis.

Existen opciones de adaptación al cambio climático en los países RIOCC. Entre las opciones están la restauración de especies y ecosistemas clave para la recuperación de las funciones ecológicas, el restablecimiento de especies y poblaciones en pro de aumentar la resistencia y resiliencia de los ecosistemas marino-costeros y la adaptación basada en ecosistemas. En varios países RIOCC existen proyectos focalizados en restaurar ecosistemas alterados de manera que contribuyan a la adaptación y mitigación del cambio climático. También hay proyectos de pesquerías y acuicultura sostenibles que podrían conllevar la recuperación de servicios ecosistémicos.

Es necesario desarrollar más investigación básica con el objetivo de conocer el estado actual de los ecosistemas, los servicios ecosistémicos que proporcionan y sus respuestas a los cambios observados y proyectados a futuro para definir acciones de adaptación locales, nacionales y regionales. La investigación básica y aplicada en los países RIOCC, en especial en América Latina y particularmente en ambientes marino-costeros, necesita de más y mejor apoyo institucional, gubernamental e internacional. Se requiere la formación de profesionales en las diferentes áreas de las ciencias básicas, sociales, económicas y jurídicas para generar el conocimiento necesario con el propósito de mantener, proteger, conservar, restaurar y monitorear los ecosistemas marino-costeros, sus especies y funciones ecológicas.

4.1. Introducción

4.1.1. Marco conceptual

Los ambientes marino-costero se definen como aquellos ubicados en la costa con una clara influencia marina, tales como estuarios, manglares, entre otros, y los mari-

nos propiamente dichos, ambientes pelágicos y más profundos. Comprenden la parte más baja de las cuencas fluviales, bahías, estuarios y lagunas costeras, zonas rocosas, playas, arrecifes, plataformas continentales y taludes, así como las zonas de afloramiento (FAO, 2019). Los servicios ecosistémicos proporcionados por estos ambientes son claves para el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, en particular para los objetivos ODS 1 (fin de la pobreza), ODS 2 (hambre cero), ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 8 (trabajo decente y crecimiento económico), ODS 12 (producción y consumo responsables), ODS 13 (acción por el clima) y ODS 14 (vida submarina) (Sherman y Hamukuaya, 2016; Claudet *et ál.,* 2020).

El cambio climático implica efectos combinados de múltiples tensores, como el aumento de la temperatura superficial del mar, la acidificación, la desoxigenación y el aumento del nivel del mar (**Figura 4.1**). Estos múltiples factores interactúan en forma aditiva, sinérgica, neutra o incluso se contrarrestan. Los multitensores climáticos causan distintos impactos sobre los ecosistemas (disminución de biodiversidad, migración de especies, cambios funcionales), agravados por el impacto antrópico local/regional (eutrofización, construcciones urbanísticas, acuicultura, deforestación y sobrepesca).

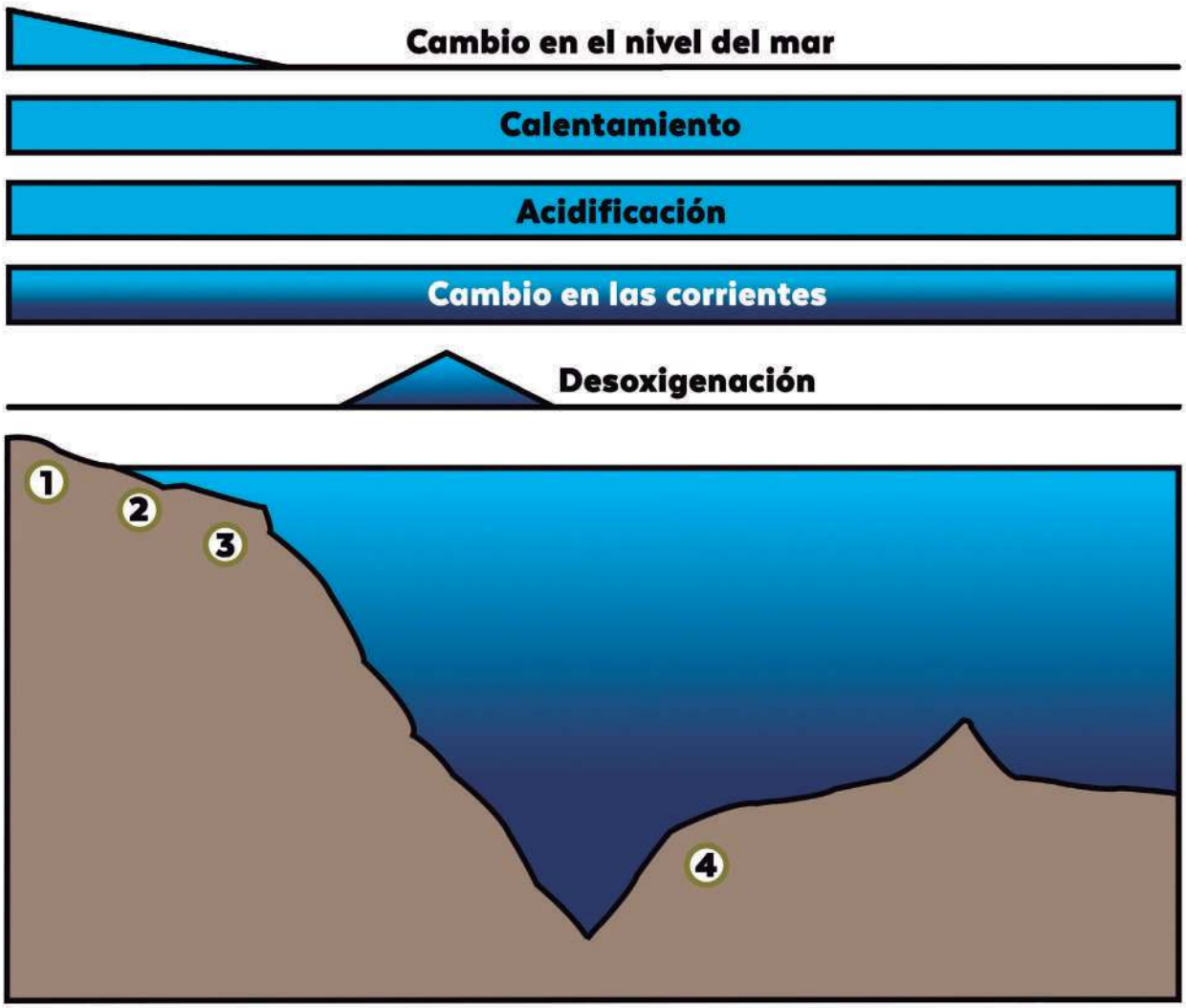


Figura 4.1. Síntesis de las amenazas relacionadas con el clima en los ambientes marino-costeros: [1] zona intermareal (lagunas costeras, zonas rocosas, playas, estuarios, manglares, marismas); [2] ambientes someros (pastos marinos, arrecifes coralinos, rodolitos, fondos blandos y duros); [3] plataforma continental (plancton, bentos, ambientes pelágicos, sitios de emisión de metano), y [4] zonas profundas (talud continental, ventanas hidrotermales, montes submarinos, llanuras abisales, fosas, ambientes pelágicos). El gradiente de color azul representa la profundidad, de tal manera que cuanto más oscuro, más profundo. Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Principales cifras sobre los ecosistemas marino-costeros

Los países de América Latina y el Caribe concentran más del 40 % de la biodiversidad de la Tierra y se encuentran entre las áreas biológicamente más diversas del mundo, incluyendo los ecosistemas marino-costeros (Bovarnick *et ál.,* 2010). La región de Iberoamérica representada por los países agrupados en la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC; http://www.lariocc.es/) incluye una gran diversidad de ambientes marino-costeros que se describen más adelante (**Tabla 4.1**). Diecinueve de los 22 países RIOCC poseen costas marítimas con características muy heterogéneas, desde ambientes tropicales a polares, pasando por subtropicales y templados (**Figura 1.12** del **Capítulo 1**). Esta diversidad se extiende a lo largo de zonas costeras propiamente dichas hasta regiones marinas profundas, que presentan condiciones hidrográficas y climáticas heterogéneas, regularmente expuestas a tormentas y huracanes o completamente protegidas de sus impactos. Las diferencias en la geomorfología costera y en las condiciones hidrográficas determinan la presencia y nivel de desarrollo de algunas comunidades bentónicas o pelágicas (arrecifes de coral, peces pelágicos, entre otros). La presencia de acuíferos superficiales de aguas dulces y la descarga de ríos son algunos impulsores ecológicos que también determinan cambios en la diversidad y productividad de los sistemas marino-costeros debido al aporte de nutrientes provenientes del continente (Escobar-Briones *et ál.,* 2015; Torres-Bejarano y Torres-Marchena, 2017; Villamizar y Cervigón, 2017; Canty *et ál.,* 2018). En general, los usos del suelo en las cuencas que influencian la zona costera también son tensores que, en sinergia con los impactos del cambio climático, pueden comprometer la salud de los ecosistemas y en consecuencia los servicios ecosistémicos que proporcionan y en última instancia su resiliencia y capacidad adaptativa ante los efectos del clima, naturales o inducidos (Deutsch *et ál.,* 2007).

La región costera de los países RIOCC se extiende a través de 13 subprovincias biogeográficas (**Figura 1.12** del **Capítulo 1**), con una gran diversidad de ecosistemas marino-costeros debido a sus características climáticas, oceanográficas y geográficas (Miloslavich *et ál.,* 2011, 2015) (**Tabla 4.1**). La región, de gran dimensión y de gran amplitud latitudinal, que abarcan los 19 países que poseen costas marinas presenta características diferenciadas en términos de la batimetría, la hidrografía, la productividad, procesos oceanográficos y climáticos (FAO, 2012; Botello *et ál.,* 2017). Los ecosistemas marino-costeros presentes en ese amplio territorio se han agrupado en tropicales (cinco regiones) y templados (ocho regiones), resaltando la diversidad ecosistémica, los servicios ecosistémicos que brindan y sustentan, y proporcionando ejemplos locales y regionales de ecosistemas representativos seleccionados.

De los 22 países que están agrupados en la RIOCC (**Figura 1.1** del **Capítulo 1**), 15 (68,2 %) poseen ambientes marino-costeros tropicales en el Pacífico este tropical (Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y Perú), en la isla de Pascua (Chile), en el Atlántico oeste tropical (Colombia, Costa Rica, Cuba, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana y Venezuela) y en la plataforma norte de Brasil (Brasil y Venezuela). El 36,4 % (8 de los países) posee ambientes marino-costeros en zonas subtropicales o templadas, en el Pacífico Nordeste templado cálido (México), en el Pacífico Sudeste templado cálido (Chile y Perú), en la provincia Magallánica (Chile y Argentina), en el Atlántico Sudoeste templado cálido (Argentina, Brasil y Uruguay), en el Atlántico Noroeste templado cálido (México), en la provincia Lusitana (España y Portugal) y en el mar Mediterráneo (España).

Una proporción significativa de los ambientes marino-costeros de los países RIOCC tienen algún tipo de protección legal (OAS, 2008; De Oliveira-Miranda *et ál.,* 2010; García *et ál.,* 2011; CPPS/UNESCO/CI/Hivos, 2015), lo que adicionalmente representa otra ventaja frente al cambio climático. Los porcentajes de área marino-costera bajo protección varían ampliamente en los países RIOCC (**Tabla 4.2**). El hecho de que los territorios marino-costeros de los países RIOCC cuenten con algún tipo de protección se traduce en una condición jurídica que podría facilitar la incorporación de medidas de adaptación al cambio climático. Además, existen instituciones regionales e iniciativas de adaptación y mitigación que recientemente han aumentado la toma de conciencia sobre la importancia de los servicios ecosistémicos de los recursos marino-costeros y del riesgo que el cambio climático representa para su preservación y sus economías, así como diversas iniciativas orientadas hacia la definición de medidas de adaptación y mitigación en el marco de acción de la RIOCC (**Tabla 4.3**).

4.1.3. Ecosistemas marino-costeros y cambio climático

Como se ha mencionado, los impactos más significativos en las costas ante los efectos del cambio climático a largo plazo están asociados al aumento en el nivel medio del mar, aumento en la temperatura superficial del mar, acidificación, cambios en la salinidad, oleaje, mareas y eventos extremos (**Tabla 4.4**). Estos impactos tienen el potencial, entre otros, de causar problemas de erosión e inundación, afectación de infraestructura portuaria, urbana, industrial y turística, blanqueo de corales, alteración del transporte de sedimentos y de biodiversidad (CEPAL, 2012, 2015).

Desde el segundo informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), se identificaron a escala global los impactos potenciales del cambio climático en la biodiversidad marina y costera (Bijlsma *et ál.,* 1996). Las tendencias significativas en precipitación y temperatura observadas en América Latina y los cambios en la variabilidad climática y eventos extremos muestran que la región costera ha sido severamente

Tabla 4.1. Ecosistemas marino-costeros tropicales, subtropicales y templados principales presentes en los países RIOCC. Fuente: elaboración propia a partir de las fuentes incluidas en la tabla.

Ecosistema	Características relevantes	Referencias
Playas arenosas y zonas rocosas intermareales	Importantes para la anidación de tortugas y para el turismo; las zonas rocosas intermareales representan hábitats para especies de consumo local.	Defeo *et ál.,* 2009; Cortés, 2016
Fondos blandos	Zonas depositarias de sedimentos y hábitats para especies de interés ecológico y comercial, como camarones y peces.	Sibaja-Cordero *et ál.,* 2016
Manglares	Hábitats estratégicos para resguardo de biodiversidad, alta productividad, recursos pesqueros locales y comerciales para el control de la erosión y la estabilización costera y para el turismo. Actúan como sumidero de gases de efecto invernadero. Trece de los 22 países que están agrupados en la RIOCC poseen manglares con una superficie total de unos 260.000 km^2.	Nava-Escudero, 2008; Polidoro *et ál.,* 2010; Martínez *et ál.,* 2014; Alongi y Mukhopadhyay, 2015; Herrera-Silveira *et ál.,* 2016; Feller *et ál.,* 2017; Beck *et ál.,* 2018
Marismas	Ambientes subtropicales y templados de fanerógamas intermareales, de alta productividad y biodiversidad. Importantes para la protección de las costas y el secuestro de carbono.	Idaskin y Bortolus, 2011
Estuarios y lagunas costeras (también conocidas como albuferas)	Los estuarios son ambientes asociados a la desembocadura de ríos al mar, y las lagunas costeras son cuerpos de agua aislados u ocasionalmente conectados al mar. Se caracterizan por un amplio gradiente de salinidad y temperatura. Alta productividad primaria e importante para pesquerías.	Medina y Barboza, 2006; Day *et ál.,* 2011; Blanco *et ál.,* 2012; Isla *et ál.,* 1986
Lechos de pastos marinos	Ecosistemas someros importantes y de gran extensión en el mar Caribe, formados por fanerógamas marinas. Son sitios de alta diversidad biológica, elevada productividad, ayudan a la eliminación de patógenos y son importantes en el secuestro de carbono.	Hemminga y Duarte, 2000; Mazarrasa *et ál.,* 2015, 2018; Cullen-Unsworth y Unsworth, 2018
Fondos duros o rocosos	Los fondos duros o rocosos (litorales someros propios de ambientes de alta energía producto del oleaje y corrientes intensas) poseen elevada diversidad biológica y su productividad primaria neta es alta.	Villasante, 2009; Wahl, 2009; Macho *et ál.,* 2013
Lechos de rodolitos	Construidos por algas calcáreas que crecen en forma esférica, son considerados sitios de alta biodiversidad e importantes como criaderos de especies que luego se desplazan a otros ambientes marinos.	Amado-Filho *et ál.,* 2010; Foster *et ál.,* 2013; Cortés *et ál.,* 2017
Arrecifes coralinos	Los ecosistemas marinos más diversos; forman barreras que protegen las costas. Son utilizados como zonas de pesca artesanal, son fuentes de nuevos compuestos químicos y farmacéuticos y resultan atractivos para el turismo en muchos países tropicales. Los corales y los arrecifes contienen excelentes registros paleoclimáticos.	Birkeland, 2015; Hallock, 2015; Cortés *et ál.,* 2017; Hughes *et ál.,* 2017, 2019; Cortés, 2019a
Bosques de macroalgas	Ecosistemas intermareales o submareales de latitudes altas, muy productivos; proporcionan hábitat para una gran diversidad de especies. Importantes para la protección de las costas.	Ríos y Mutshke, 2009; Miller *et ál.,* 2018
Regiones mesofóticas	Las regiones mesofóticas o de penumbra, entre unos 50 y 150 m de profundidad, están siendo estudiadas como refugios de especies desplazadas por el calentamiento de las aguas superficiales.	Kahng *et ál.,* 2014; Cortés, 2019b
Ambientes pelágicos	Extensas regiones de aguas abiertas, neríticas sobre la plataforma continental y oceánicas en aguas de más de 200 m de profundidad. Las zonas superficiales cercanas a los 200 m en el trópico en aguas muy transparentes. Las principales pesquerías del mundo se desarrollan en las regiones neríticas, especialmente en regiones de afloramiento y cada vez más se extienden a zonas más profundas (atunes, sardina ibérica).	Da Rocha *et ál.,* 2014; Silva *et ál.,* 2015
Fosas y llanuras abisales	Ambientes poco estudiados por las dificultades de trabajar a 1.000 o más metros de profundidad. Es importante investigar estas zonas debido a que tanto la pesca como la explotación de minerales se están realizando en aguas cada vez más profundas; además, el impacto del cambio climático en estas zonas es poco conocido.	Levin y Le Bris, 2015; Levin *et ál.,* 2016; Llatas *et ál.,* 2018

Tabla 4.2. Áreas marinas protegidas en América Latina y en la Península Ibérica. Fuente: elaboración propia a partir de FAO (2015), Protect Planet (2018), complementado por los autores. AP = Áreas protegidas; AMP = Áreas marinas protegidas.

País	Área terrestre total (km²)	Área marina total (km²)	Número de AP	Área terrestre y marina protegida (km²)	Número de AMP	Área marina protegida (km²)	% marino de las AP	% protegido del área marina total
Argentina	2.785.328	1.083.151	458	363.373	43	127.462	35,07	11,77
Brasil	8.529.321	3.672.584	1.515	3.487.114	274	977.793	28,04	26,62
Chile	759.821	3.657.313	211	1.661.657	33	1.506.502	90,66	41,19
Colombia	1.141.748	928.680	56	294.282	14	124.737	42,39	13,43
Costa Rica	51.636	576.110	187	19.055	24	4.802	25,20	0,83
Cuba	111.643	365.756	105	34.300	57	15.819	46,12	4,33
Ecuador	258.139	1.079.901	45	200.105	17	144.125	72,02	13,35
El Salvador	20.753	94.238	118	2.471	4	665	26,91	0,71
España	507.013	1.005.717	1.863	226.517	14	84.220	37,18	8,37
Guatemala	109.922	118.336	305	23.104	7	1.065	4,61	0,90
Honduras	113.291	219.971	91	36.204	16	9.144	25,26	4,16
México	1.965.285	3.284.660	174	1.000.442	63	715.465	71,51	21,78
Nicaragua	129.222	223.935	72	33.305	8	7.895	23,71	3,52
Panamá	75.498	332.643	89	21.366	43	5.593	26,18	1,68
Perú	1.298.537	838.330	134	280.809	3	4.037	1,44	0,48
Portugal	92.141	1.724.156	166	306.689	8	285.588	93,12	16,56
República Dominicana	48.510	270.774	123	61.352	33	48.625	79,25	17,96
Uruguay	178.460	130.098	11	7.082	8	932	13,16	0,72
Venezuela	917.368	473.325	400	513.201	49	16.500	3,21	3,49

Tabla 4.3. Instituciones regionales e iniciativas de adaptación y mitigación en la zona marino-costera llevadas a cabo en los territorios de la RIOCC. Leyenda: CC = Cambio Climático; DS/ODS = Desarrollo Sustentable/Objetivos de Desarrollo Sostenible; REDD = Reducing Emissions from Deforestation from Developing Countries (UN Program); EcoCC = Economía del Cambio Climático; Biodiv = Biodiversidad. Mediante el símbolo X se señalan los aspectos abordados por cada una de las instituciones. Fuente: elaboración propia a partir de www.celac.org; www.oei.es/en; www.sica.int; www.oas.org; www.caricom.org; www.aladi.org; www.parlatino.org; www.unasursg.org; www.oecs.org; www.parlacen.int

Institución	CC	DS/ODS	REDD	EcoCC	Biodiv
Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC)	X	X	X		
Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)		X			
Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)	X	X	X		
Alianza para el Desarrollo Sostenible (ALIDES)		X			
Organización de Estados Americanos (OEA)		X			
Comunidad del Caribe (CARICOM)	X	X	X	X	X
Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI)		X			
Parlamento Latinoamericano y Caribeño (PARLATINO)		X			
Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR)	X	X			X
Organización de Estados del Caribe Oriental (OECS por sus siglas en inglés)	X	X	X		
Parlamento Centroamericano (Parlacen)			X		
Universidades y centros de investigación	X	X	X	X	X
Red ECOMAR	X	X			X
Consejos Nacionales del Clima	X	X	X	X	X

Tabla 4.4. Tensores climáticos y principales eventos extremos de las costas de la región. Fuente: elaboración propia a partir de Peel *et ál.* (2007), Calil *et ál.* (2017), Nagy *et ál.* (2018).

País	Tensores climáticos y eventos extremos dominantes en áreas costeras
Argentina	El Niño, tormentas, crecidas fluviales, inundaciones costeras, aumento del nivel del mar
Brasil	El Niño, ciclones extratropicales, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Chile	El Niño, crecidas fluviales, marejadas, aumento del nivel del mar
Colombia	El Niño, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Costa Rica	El Niño, tormentas, crecidas fluviales, inundaciones costeras, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Cuba	Huracanes, tormentas, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Ecuador	El Niño, crecidas fluviales, inundaciones costeras, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
El Salvador	El Niño, huracanes, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
España	Tormentas, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar
Guatemala	Huracanes, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Honduras	Huracanes, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
México	El Niño, huracanes, tormentas, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Nicaragua	Huracanes, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar acidificación del océano
Panamá	El Niño, tormentas, crecidas fluviales, inundaciones costeras, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Perú	El Niño, tormentas, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar
Portugal	Tormentas, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar
República Dominicana	Tormentas, huracanes, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Uruguay	El Niño, tormentas, crecidas fluviales, inundaciones costeras, aumento del nivel del mar
Venezuela	El Niño, crecidas fluviales, aumento del nivel del mar, acidificación del océano

afectada (Magrin *et ál.,* 2014; Bidegain *et ál.,* 2018). Para América Latina y el Caribe se cuenta con evidencias de un calentamiento entre 0,7 °C y 1 °C (en los últimos 30-50 años), excepto para la costa oeste de América del Sur, desde Perú hasta Chile, donde se observa un enfriamiento de -1 °C para el mismo periodo. Para la costa extremadamente árida del norte de Chile, la lluvia, la temperatura y la nubosidad muestran una fuerte variabilidad interanual y decadal desde mediados de la década de 1970 (Magrin *et ál.,* 2014).

4.1.4. Informes previos del IPCC

El informe especial de la IPCC (2019) sobre los océanos y la criosfera en un clima cambiante (SROCC, siglas en inglés para el Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate) se centra en los impactos sobre los océanos. El impacto del aumento en el nivel del mar se intensifica al combinarse con otros eventos climáticos (huracanes, marejadas, El Niño) y por la degradación de la zona costera por la actividad humana. Esto va a resultar en la pérdida de biodiversidad y funcionalidad de los ecosistemas, disminución del área de los manglares en la mayoría de los casos por la incapacidad de estos ecosistemas para migrar tierra adentro y en una posible limitación en la resistencia y resiliencia de los ecosistemas marino-costeros (IPCC, 2019). La capacidad de recuperación de los ecosistemas marino-costeros se verá reducida por la exposición a impactos climáticos y no climáticos cada vez más intensos y más recurrentes. Sin embargo, es posible adaptarse a tales cambios mediante la mitigación de dichos impactos haciendo un uso menos destructivo de las zonas costeras y sus ecosistemas, protegiendo los existentes, restaurando ecosistemas y creando nuevas áreas marinas protegidas basadas en evidencia científica (Carr *et ál.,* 2019). Otro aspecto a resaltar del SROCC es el hecho de que la retracción de la costa es ya evidente en muchos países. En América Latina, por ejemplo, se ha registrado en Guatemala, Caribe de Costa Rica y en el oeste de Colombia. La intrusión de agua salina o salobre debido al aumento del nivel del mar en combinación con marejadas y hundimiento inducido por la actividad humana da lugar a un aumento de la salinidad, como ya se ha registrado en el delta del Ebro, España (Magnan *et ál.,* 2019).

Por otra parte, el SROCC muestra evidencias de que es probable que el calentamiento del océano haya alcanzado la zona abisal y en el océano profundo por debajo de 2.000 m, particularmente en el hemisferio sur y en el océano Austral. También de una mayor evidencia de que el sumidero de carbono oceánico es dinámico en escalas temporales decadales, especialmente en el océano Austral, afectando al secuestro de carbono oceánico a escala global. El pH de la superficie del oceáno disminuirá, 0,036-0,042 o 0,287-0,290 unidades de pH para 2081-2100, en relación con 2006-2015, para

los escenarios RCP 2.6 o RCP 8.5, respectivamente (RCP = Representative Concentration Pathways). Es muy probable que estos cambios de pH hagan que los océanos del sur se vuelvan corrosivos para las principales formas minerales de carbonato de calcio en RCP 8.5, cambios que son evitables bajo el escenario RCP 2.6 (Bindoff *et ál.,* 2019). La evidencia reciente sugiere que los arrecifes de coral mesofóticos van a ser afectados por la acidificación del océano. Todos los ecosistemas costeros experimentarán un riesgo alto a muy alto, para la trayectoria RCP 8.5 a finales del siglo XXI, en especial los arrecifes de coral (transición de alto a muy alto riesgo 0,6-1,2 °C), praderas de pastos marinos (2,2-3,0 °C), bosques de algas (2,2-2,8 °C) y costas rocosas (2,9-3,4 °C). Estos ecosistemas tienen baja a moderada capacidad de adaptación, por lo que son altamente sensibles al calentamiento de los océanos, las olas de calor marinas y la acidificación. Por ejemplo, los bosques de algas y praderas de pastos marinos continuarán retrocediendo con temperaturas extremas más frecuentes y su baja capacidad de dispersión elevará el riesgo de extinción local. Los arrecifes biogénicos poco profundos con organismos calcificados (por ejemplo, corales, mejillones, algas calcificadas) son particularmente sensibles a la acidificación de los océanos y a los efectos del aumento de las temperaturas, del nivel del mar y de los eventos extremos, lo que hace que estos ecosistemas sean altamente vulnerables (con baja resiliencia) a escenarios de mayor calentamiento. Además, casi todos los arrecifes de coral disminuirán en gran medida, incluso si el calentamiento global se mantiene por debajo de 2 °C. Cualquier arrecife de coral que sobreviva hasta el final del siglo no será el mismo debido a los cambios irreversibles en la estructura y funcionamiento del hábitat, incluyendo extinciones de especies y perturbaciones de la red alimentaria; estos cambios ya se están produciendo (Hughes *et ál.,* 2017). Por el contrario, los ecosistemas con fuertes influencias de factores físicos (p. ej., acreción de sedimentos y subsidencia) no muestran cambios en su vulnerabilidad al aumento del nivel del mar, lo que sugiere una fuerte resiliencia de algunos ecosistemas costeros. Sin embargo, en áreas como el Caribe, los manglares podrían no superar las tasas actuales de aumento en el nivel del mar y podrían desaparecer. La transición a nuevos estados por pulsos impredecibles de perturbaciones y peligros climáticos progresivos tendrá impactos negativos en los servicios ecosistémicos (Bindoff *et ál.,* 2019).

Las respuestas de adaptación al cambio climático son más eficaces cuando se desarrollan dentro de marcos institucionales que incluyen una planificación eficaz y la integración intersectorial. La toma de decisiones basada en la evidencia para la adaptación al clima está fuertemente apoyada en la literatura a través de una mejor comprensión de los ecosistemas costeros y las respuestas de adaptación humana, así como la consideración de factores no relacionados con el cambio climático. La investigación pertinente incluye los temas de planificación participativa, gestión transfronteriza de los océanos y adaptación basada en ecosistemas y en la comunidad. Los nuevos conocimientos de las variables climáticas y no climáticas en la planificación de la adaptación costera podrían mejorar sustancialmente la planificación, la implementación y el seguimiento de las respuestas de adaptación climática para los sistemas marinos si los procesos de investigación son participativos e inclusivos.

La planificación integrada de la adaptación en muchos países se ve afectada por enfoques descoordinados y con una perspectiva de arriba hacia abajo, falta de voluntad política, y recursos y acceso a la información insuficientes. Entre las características de los marcos de adaptación exitosos se incluyen: un enfoque robusto pero flexible, que tiene en cuenta la creciente incertidumbre, procesos participativos bien coordinados, y sistemas de monitoreo bien desarrollados y adoptando un enfoque de sistemas integrados, con la identificación de cobeneficios para el desarrollo humano y el ambiente. La bibliografía disponible da cuenta de menos estudios en adaptación para África y el Caribe. Igualmente, es evidente el contraste entre el número de ejemplos de propuestas para la adaptación resistente al clima y los escasos estudios que evalúen su éxito, posiblemente debido al retraso entre la implementación, el monitoreo, la evaluación y la presentación de informes. Una coordinación más eficaz entre los actores y partes interesadas, dentro y entre organizaciones, especialmente en los países en desarrollo, fortalecería la respuesta mundial a la adaptación costera (Oppenhaimer *et ál.,* 2019).

4.2. Componentes del riesgo del cambio climático en ambientes marino-costeros

4.2.1. Amenazas

El aumento en la temperatura de los océanos modifica la distribución de especies marinas y provoca la subida del nivel del mar (IPCC, 2014; Uribe-Botero, 2015; Villamizar y Cervigón, 2017). La combinación de estos factores afecta negativamente a ecosistemas megadiversos, como los arrecifes de coral, cuyas manifestaciones más evidentes son el blanqueamiento de los corales y las enfermedades en las especies arrecifales. También se producen cambios en la estructura y función de bosques de macroalgas (*kelp forests*) (Bas Ventín *et ál.,* 2015), y aumenta la probabilidad de crecimientos excesivos (*blooms*) de poblaciones de algas tóxicas (Amado-Filho *et ál.,* 2010; Cróquer *et ál.,* 2018; Outeiro *et ál.,* 2018). Los años 2005 y 2010, reconocidos por la NOAA como los más calientes de las últimas décadas en el Caribe, resultaron en eventos de blanqueamiento que afectaron a los arrecifes coralinos (Eakin *et ál.,* 2010; Cróquer *et ál.,* 2018). Gran parte de los arrecifes coralinos del Parque Nacional Morrocoy y de Los Roques (dos de las más importantes áreas marino-costeras protegidas de Venezuela) fueron afectados en el evento del 2005. Sin embargo, «se recuperaron eventualmente, sin que el periodo de estrés terminara en mortalidades masivas» (Villamizar *et ál.,* 2014).

Los cambios en temperatura y salinidad están causando alteraciones en los patrones de corrientes, que afectarán a la dispersión y distribución de especies. Estos cambios, junto con impactos humanos directos, como por ejemplo, la eutrofización, han conducido a la expansión de regiones anóxicas, el aumento de la hipoxia, así como la disolución de CO_2 en los océanos está disminuyendo el pH (acidificación de los océanos). Este cambio en la química del océano tiene consecuencias en los organismos vivos, alterando su calcificación, ciclos de vida y comportamiento (Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2007; Baker *et ál.* 2008; Vergara, 2009; Gatusso y Hansson, 2011; Schmidtko *et ál.,* 2017; Palter *et ál.,* 2018; Hughes *et ál.,* 2019).

Existen evidencias de que el cambio del nivel del mar y tensores no climáticos generan amenazas a los recursos pesqueros, corales, manglares, turismo y recreación y al control de enfermedades en la región costera (Olivo *et ál.,* 2012; Godoy y De Lacerda, 2015). El cambio del nivel del mar se da principalmente por la expansión térmica del agua y por la entrada de aguas desde los continentes producto del derretimiento de los glaciares y de los hielos polares. El nivel del mar está aumentado en forma acelerada, de 1,4 mm $año^{-1}$ en el periodo 1901-1990 a 3,2 mm $año^{-1}$ entre 1993-2015 y a 3,6 mm $año^{-1}$ en el periodo 2005-2015 (IPCC, 2019). En América Latina y el Caribe el cambio del nivel del mar ha ido en aumento de 2 a 7 mm por año en los últimos 60 años (Magrin *et ál.,* 2014). Además, se han registrado episodios recurrentes de blanqueamiento de corales asociados al calentamiento y acidificación del océano en las costas caribeñas y del Pacífico colombiano (Rojas Higuera y Pabón-Caicedo, 2015) y en el Corredor Mesoamericano de arrecifes coralinos y en el Caribe Sur (Villamizar y Cervigón, 2017). Sin embargo, la información disponible sobre cambio del nivel del mar en la región es limitada y sin series suficientemente largas, salvo en Buenos Aires y Montevideo, por lo que es difícil predecir el impacto real (Nagy *et ál.,* 2019).

4.2.2. Exposición

La mayoría de las áreas costeras de la región están expuestas al cambio climático, a la variabilidad ENOS y a los eventos climáticos extremos (aumento del nivel del mar, marejadas y olas). Por su ubicación geográfica el riesgo es mayor en las costas bajas (LECZ), incluyendo los ecosistemas, ciudades e infraestructura (Villamizar *et ál.,* 2017; Calil *et ál.,* 2017; Nagy *et ál.,* 2019). Ante estas amenazas a los ecosistemas marino-costeros se verán afectados los ambientes y sus servicios ecosistémicos, las poblaciones humanas de la zona costera y la actividad económica. Los ecosistemas marino-costeros ofrecen una serie de servicios, como son proveer alimento, purificación del agua, protección del oleaje, esparcimiento, entre otros. La pérdida de estos servicios ecosistémicos va a impactar en las comunidades costeras mediante la erosión de la costa, salinización de acuíferos, pérdida de paisaje, seguridad para atracar en muelles y puertos y cambios en las pesquerías. Dichos impactos repercutirán en otros beneficios económicos, tales como el turismo y la pesca, socavando el bienestar de los individuos, las comunidades, las regiones y los países de la RIOCC.

4.2.3. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad de un ecosistema está determinada por su susceptibilidad a experimentar impactos por el cambio climático y su resiliencia, la cual determina cómo y cuán rápidamente se recupera luego de estos impactos (IPCC, 2014). La resiliencia y la resistencia de sistemas naturales potencian a su vez la capacidad de estos de adaptarse autónomamente (Klein y Nicholls, 1999). Las intervenciones humanas, particularmente mediante el manejo integrado de zonas costeras y la planificación de medidas de adaptación, pueden potenciar las capacidades de los ecosistemas de responder y recuperarse de los impactos de eventos climáticos extremos y adaptarse a condiciones locales cambiantes (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013). En los enfoques biorregionales de conservación, el énfasis para priorizar áreas protegidas para la conservación *in situ* está en la representación de muestras de ecosistemas de relevancia para garantizar su permanencia en el tiempo (Miller, 1996; Andrade *et ál.,* 2011). Con respecto al cambio climático, la representatividad y la conservación de ecosistemas como criterios para la creación de áreas protegidas se deben complementar con enfoques como la búsqueda de redundancia en la representación, ya que la permanencia se verá afectada en muchos ecosistemas, particularmente en zonas costeras. La resiliencia a los impactos del clima de áreas protegidas viene determinada por la capacidad adaptativa de las especies y su conectividad en paisajes terrestres y marinos (Barber *et ál.,* 2004).

La vulnerabilidad de estructuras construidas depende de la capacidad intrínseca de la sociedad de convivir, prevenir o lidiar con impactos del cambio climático, en particular su capacidad de adaptarse al mismo ritmo que los sistemas naturales de los cuales depende (Klein y Nicholls, 1999; Klein *et ál.,* 1999). Estas condiciones de desarrollo local están determinadas por las condiciones socioeconómicas y de salud de la población, su entorno local (accesibilidad, empleo, calidad ambiental) y las capacidades institucionales locales para ofrecer la continuidad de servicios públicos (Retana *et ál.,* 2017). Por tanto, las prioridades para la adaptación en zonas costeras deben definirse, en buena medida, tomando en cuenta las limitaciones y el potencial del contexto local.

Los impactos costeros y marinos negativos y la vulnerabilidad conducen a pérdidas que plantean desafíos y costos significativos para las sociedades, particularmente en países en desarrollo (Hoegh-Guldberg y Bruno, 2010). Por ejemplo, el Ocean Health Index (Halpern *et ál.,* 2012) mide el acoplamiento del sistema humano-océano para cada país e incluye los parámetros relacionados con el cambio climático. El índice tiene en cuenta elementos claves de la salud de los océanos —biológicos, físicos, económicos y sociales— con la finalidad de informar a tomadores de decisiones sobre cómo manejar el océano en forma sostenible (http://

www.oceanhealthindex.org). Los valores de los países de la RIOCC van desde muy favorables, por ejemplo, Portugal, hasta muy desfavorables, como algunos países de América Central (**Tabla 4.5**).

4.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

Además de lo acotado en la sección **4.1.3,** el riesgo climático en zonas costeras también es el resultado de la combinación de factores biofísicos con factores socioculturales, económicos e institucionales que pueden generar impactos mayores y permanentes en la vida marina y en el bienestar de las poblaciones humanas que viven y dependen para su sustento de la salud de los ecosistemas.

Desde el cuarto informe del IPCC (IPCC, 2007) se advierte lo que luego se reafirma en el Informe Especial sobre Océanos y Criosfera (IPCC, 2019), que, con un nivel de confianza alto, algunos sistemas únicos y amenazados ya están en situación de riesgo a causa del cambio climático y que ese riesgo aumentará si se produce un calentamiento adicional de alrededor de 1 °C. Esto será aún más grave para muchas especies y sistemas con capacidad adaptativa limitada; por ejemplo, los arrecifes de coral (Wang *et ál.,* 2017). Adicionalmente, en el SROCC se advierte de que el nivel de los riesgos de impactos graves en la biodiversidad, la estructura y la función de los ecosistemas costeros serán más altos debido a temperaturas elevadas asociadas a escenarios de mayor concentración (~ 1760 ppm CO_2 RCP 8.5), en comparación con escenarios de menor comparación, proyectados para el siglo XXI (~ 490 ppm CO_2 RCP 2.6). Las proyecciones del nivel del mar muestran diferencias regionales en torno al nivel medio global. Los procesos como el hundimiento local (subsidencia) causado por fenómenos naturales y actividades humanas son importantes para los cambios relativos del nivel del mar en la costa. Si bien se prevé que la importancia relativa del aumento del nivel del mar impulsado por el clima aumente con el tiempo, es necesario considerar los procesos locales dentro de las proyecciones y los impactos del nivel del mar. La falta de continuidad en la gestión pública, los altibajos de las economías nacionales, la dependencia de los combustibles fósiles y el acelerado crecimiento urbano de América Latina y el Caribe han dificultado la consolidación de una gestión ambiental efectiva de la zona costera. En consecuencia, aumenta el riesgo de pérdida de biodiversidad y de ecosistemas clave para la provisión de servicios ecosistémicos tanto dentro como fuera de las áreas protegidas costeras (Yerena *et ál.,* 2018). Se proyecta que el cambio climático será un tensor significativo de más degradación de la mayoría de los ecosistemas costeros, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en América Latina y el Caribe (IPBES, 2018) y que en consecuencia la región mostrará un déficit de adaptación en áreas costeras (Nagy *et ál.,* 2019). Por otra parte, se estima que a nivel mundial entre 100 y 300 millones de personas que viven en zonas costeras enfrentarán mayores riesgos debido a la pérdida de la protección que brindan los ecosistemas marino-costeros (IPBES, 2018).

Tabla 4.5. Puesto en el Índice de Salud del Océano a nivel mundial para los países de la RIOCC. Cuanto más bajo es el número del puesto, mejor es la salud de sus mares. Fuente: elaboración propia según http://www.oceanhealthindex.org; revisado el 24 de junio 2019.

País	Puesto
Portugal	25
Chile	54
Cuba	87
Ecuador	65
Argentina	93
México	97
España	104
Brasil	124
Honduras	125
República Dominicana	129
Panamá	132
Uruguay	146
Costa Rica	154
Venezuela	171
Guatemala	181
Perú	188
Colombia	192
El Salvador	203
Nicaragua	219

Para los recursos marino-costeros y áreas costeras de los países RIOCC, la reciente advertencia de los riesgos asociados a un aumento de la temperatura promedio del planeta por encima de 1,5 °C divulgada por el IPCC (2018) prevé una amenaza mayor. No superar 1,5°C está condicionado a la trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero y, en consecuencia, al modelo de desarrollo económico que la sociedad global decida transitar. Mantener el aumento por debajo de 1,5 °C significaría una tasa más lenta del aumento del nivel del mar que permitiría mayores oportunidades de adaptación a los ecosistemas de pequeños territorios insulares, zonas costeras bajas y deltas, además de una mayor posibilidad de gestión y restauración de ecosistemas costeros naturales y un refuerzo de infraestructuras. Las amenazas incluyen cambios en los ámbitos de distribución de muchas especies marinas a latitudes más altas y aumento de los daños a numerosos ecosistemas, así como una mayor pérdida de recursos costeros y reducción de la productividad de la pesca y la acuicultura (especialmente en latitudes bajas). Se proyecta que los arrecifes de coral disminuirían en un 70-90 % su cobertura de coral vivo a 1,5 °C, con mayores pérdidas (> 99 %) a 2 °C. En 2015-2016, las temperaturas

récord registradas provocaron el mayor episodio de blanqueamiento de corales desde que se documentó el blanqueo masivo en los años ochenta (Hughes *et ál.,* 2017). Algunos pueblos indígenas y comunidades locales que dependen de la agricultura o medios de vida costeros conforman las poblaciones más desfavorecidas y vulnerables, con un riesgo desproporcionadamente mayor de consecuencias adversas con un calentamiento global de 1,5 °C (Allison *et ál.,* 2009; IPCC, 2018; 2019).

Según las proyecciones de los modelos integrados del clima (IPCC, 2014), conocidos como Representative Concentration Pathways (RCP), ya para mediados de siglo será factible detectar la redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en las regiones sensibles, lo que incidiría negativamente en la productividad pesquera y otros servicios ecosistémicos. Los desplazamientos espaciales de las especies marinas debido al calentamiento proyectado provocarán invasiones a latitudes altas y tasas elevadas de extinción local en los trópicos y los mares semicerrados. La ampliación progresiva de zonas con niveles mínimos de oxígeno y «zonas muertas» anóxicas limitará aún más el hábitat de los peces (Breitburg *et ál.,* 2018). Un total de 400 zonas de hipoxia en los mares se han reportado a nivel mundial, generando zonas muertas que cubren más de 245.000 km^2 (IPBES, 2018). La producción primaria neta en alta mar se redistribuirá y, para 2100, disminuirá globalmente en todos los escenarios RCP (IPCC, 2014). La productividad primaria de los océanos experimentará una reducción de entre el 3 y el 10 % y una reducción de entre el 3 y el 25 % en la biomasa de peces marinos en 2100 por el cambio climático (IPBES, 2018). Entre los riesgos claves están aquellos derivados de cambios en las condiciones del hielo, el manto nival, el permafrost y el agua dulce/marina, con efectos en la calidad del hábitat, las áreas de distribución, la fenología y la productividad de las especies, así como en las economías que dependen de ellas, lo cual afectará a las regiones australes del continente sudamericano (IPCC, 2014).

Los impactos potenciales en América Latina y el Caribe incluyen inundaciones vinculadas al cambio del nivel del mar, para las cuales se estima mayor probabilidad de inundación en lugares que muestran > 40 % de cambio durante los últimos 60 años en el nivel total del mar (sin incluir los huracanes); erosión de playas en aquellas localidades donde haya aumentado el transporte potencial de sedimentos y en los puertos marítimos, así como la fiabilidad de las estructuras costeras (Magrin *et ál.,* 2014). Para América Latina, los riesgos del cambio climático para los ambientes marino-costeros se verán acentuados por la contaminación, los usos del suelo, inundaciones, erosión y desarrollos urbanos, industriales y turísticos que tienen lugar en las costas de la región (Magrin *et ál.,* 2014). Entre los riesgos asociados al cambio climático, preocupa el aumento del blanqueamiento de corales en el Caribe (Bastidas *et ál.,* 2012), con una evidente limitación de los corales para una adaptación genética autónoma. La acentuada degradación de manglares, humedales, corales y pastos marinos en los territorios insulares de la región y en la parte continental de América del Sur tiene efectos directos sobre sus economías (Villamizar *et ál.,* 2016; Wilson, 2017; ECLAC, 2018; Gaines *et ál.,* 2019; Murray *et ál.,* 2019). Igualmente, existen riesgos de degradación de los ecosistemas de aguas subterráneas y de agua dulce debido a la intrusión salina por efecto del aumento del nivel del mar, más allá de la degradación debida a la contaminación y la extracción de aguas subterráneas (Carson *et ál.,* 2016).

Entre los impactos derivados de tensores no climáticos que comprometen la salud y existencia de ecosistemas costeros en América Latina y el Caribe está la pérdida de manglares a consecuencia de la deforestación y la conversión de suelos para la agricultura y cultivo de camarones (FAO, 2016). En Ecuador, por ejemplo, entre 2008 y 2014, 47.000 hectáreas de bosques de manglar fueron convertidas en áreas para otros usos, principalmente agropecuarios. El Ministerio del Ambiente del país precisó que la cifra es elevada; no obstante, se ha logrado reducir la deforestación en un 49 % (MAE, 2014). En Colombia, Costa Rica, Nicaragua y Venezuela, cerca de un tercio de la población vive en áreas costeras directamente expuestas a eventos climáticos. En Nicaragua y Honduras, un porcentaje alto de los hogares utilizan leña para cocinar; la mayor cantidad es extraída del mangle; aproximadamente 120.000 m^3 de madera se extraen por año para leña en ambos países, según la FAO (2015). En Venezuela, la construcción de represas y la minería de sal a gran escala dentro de áreas costeras protegidas han causado, entre otros impactos, el desvío del flujo de agua dulce hacia el manglar y la alteración del hábitat del caimán de la costa (*Crocodylus acutus*), que es una especie amenazada (Villamizar, 2003; Rodríguez *et ál.,* 2010; Nagy *et ál.,* 2019). En Galicia (España), la contaminación procedente de actividades agrícolas y la construcción de embalses están provocando una reducción de la abundancia de especies comerciales clave (almeja babosa, fina, rubia) para el desarrollo del marisqueo, una actividad que genera empleo directo a más de 4.500 mujeres en la región, la cifra más elevada de toda Europa (Pita *et ál.,* 2019). En la **Tabla 4.6** se presentan ejemplos de ecosistemas amenazados, impactos, vulnerabilidades y riesgos frente al cambio climático en países RIOCC seleccionados.

4.4. Medidas de adaptación

Las medidas de adaptación se refieren a opciones y acciones que pueden ser implantadas para mejorar la adaptación al cambio climático, ya sea para reducir el riesgo a un nivel aceptable o para explotar una oportunidad que pudiera emerger (Climate Adapt, 2017). A efectos de este informe, la adaptación se refiere a los ajustes en sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos esperados o sus efectos, que moderan el daño o explotan oportunidades beneficiosas (IPCC 2014). Varios tipos de adaptación pueden distinguirse: adaptación anticipada, que tiene lugar antes de que se observen los impactos del cambio climático; adaptación autónoma o espontánea, que es aquella

Tabla 4.6. Ejemplos de ecosistemas amenazados, impactos, vulnerabilidades y riesgos frente al cambio climático en países RIOCC seleccionados. Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes.

País/fuente	Ecosistemas amenazados	Impactos	Vulnerabilidades	Riesgos
Argentina, Wetlands International y DCCSADS (2010)	Bajo delta del río Paraná (insular; frente de avance).	Por aumento en el nivel del mar: inundaciones y desplazamiento de humedales y costas bajas; erosión y retroceso de la línea costera e incremento de las inundaciones de tormenta; aumento de la salinidad en los estuarios y amenaza a los acuíferos; alteración de la amplitud de la marea en ríos y bahías; alteración de los patrones de sedimentación y decrecimiento de la cantidad de luz que reciben los fondos marinos.	Regulación hidrológica y climática (inundaciones); sumideros de carbono; medio de vida de pescadores; sostén de junqueras y nutrieros; provisión de agua para núcleos urbanos; particularidades biogeográficas y ecológicas; especies de importancia para la conservación (ciervo de los pantanos, pava de monte, lobito de río); actividad apícola (flora nativa).	Susceptible a la contaminación industrial, urbana y agrícola; erosión y pantanización, y cambio en comunidades por aumento en el nivel del mar; incendios; pérdida de biodiversidad por cambios uso del suelo; invasión de especies exóticas; alteración régimen hidrológico local por construcción de canales y diques.
Colombia, Andrade Armaya *et ál.* (2017)	Bahía de Cartagena (sistemas naturales que protegen la línea de costa).	Pérdida de numerosas islas y grandes extensiones de manglar.	Presencia de corales vivos en isla Arena, al occidente de Pueblo Nuevo, Bolívar, donde las comunidades coralinas crecen a pesar de las condiciones adversas de alta sedimentación asociada con los materiales traídos por el río Magdalena.	Mayor exposición de la línea de costa y los terrenos de bajamar de Cartagena a inundación sistemática, gradual y constante, mucho más acelerada que la media global, resultado del aumento en el nivel del mar por calentamiento global y la subsidencia del terreno.
Costa Rica, Acuña-Piedra y Quesada-Román (2016)	Delta Térraba-Sierpe (mantos acuíferos, aguas subterráneas, textura de las playas, manglares, pesquerías, biodiversidad).	Importantes cambios en la morfología del sistema fluviomarino.	Canales de meandros donde domina la vegetación de manglar.	El aumento en el nivel del mar amenaza con un incremento en las tasas de erosión de las barras costeras, procesos geomorfológicos constantes que han alternado con la sedimentación en este sistema deltaico en las últimas seis décadas debido a la variabilidad climática y los cambios en los usos del suelo en las cuencas que alimentan la dinámica litoral.
El Salvador, Chicas-Batres *et ál.* (2015)	AMP Los Cóbanos alberga el único arrecife de coral de El Salvador. Otros ecosistemas costeros amenazados en la costa del país: estuarios, lagunas costeras, manglares, playas arenosas y rocosas, cultivos agrícolas próximos a la costa.	Los ecosistemas de arrecife están siendo monitoreados por el Programa de Arrecifes Rocosos y de Coral, que lleva a cabo el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES), Universidad de El Salvador.	Dos eventos de blanqueamiento de coral de considerable intensidad simultáneos a la alta temperatura causada por el fenómeno El Niño (2014 y 2015 entre un 80 % y un 100 %, respectivamente, de la superficie de las colonias, y una pérdida de cobertura de alrededor del 10 % para el 2014).	Aumento de la temperatura y de la variabilidad de la precipitación acumulada anual registrada en el país, respecto a las últimas décadas. Incremento de la intrusión salina en algunos sitos de la zona costera por la falta de cobertura vegetal, el vaciamiento de acuíferos y la disminución del drenaje terrestre.
Guatemala, Gobierno de Guatemala (2011)	La costa surlitoral del Pacífico. Acuicultura, agricultura, pesca, manglares, pastos, humedales.	Región constantemente afectada por inundaciones y crecidas de ríos.	Extracción de leña, elaboración de carbón, materiales para construcción y colecta de productos derivados de fauna asociada a la costa.	Las actividades tradicionales de exportación agrícola pueden tener intereses encontrados y de conflicto con la conservación de la biodiversidad de la zona costera.

que no constituye una respuesta consciente a los estímulos climáticos, pero es provocada por cambios ecológicos en los sistemas naturales y por cambios en el mercado o el bienestar en los sistemas humanos, y finalmente, la adaptación planificada, que es el resultado de una decisión de política, basada en la toma de conciencia de que las condiciones han cambiado o están a punto de cambiar y en consecuencia se requiere una acción para regresar, mantener o alcanzar un estado deseado. Los sistemas naturales tienen el potencial de adaptarse a través de múltiples procesos autónomos (por ejemplo, cambios en fenología, migración, cambios en la composición, aclimatación fenotípica o cambios genéticos), y los seres humanos pueden intervenir para promover ajustes particulares, como la reducción de las tensiones no climáticas o a través de la migración administrada. La adaptación exitosa dependerá de la capacidad para permitir y facilitar que los sistemas naturales se ajusten a un clima cambiante manteniendo los servicios ecosistémicos de los que depende la vida (Noble *et ál.,* 2014).

La bibliografía científica vinculada a la vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático presenta una nueva generación de herramientas para apoyar a los tomadores de decisiones a estar mejor preparados ante numerosas intervenciones competentes en el contexto de la dinámica y complejidad de los ecosistemas costeros y sus respuestas a los efectos del cambio climático. Destacan la gestión y restauración de ecosistemas costeros naturales (IPCC, 2018; Yerena *et ál.,* 2018), la adaptación basada en ecosistemas (Villamizar *et ál.,* 2016; Nagy *et ál.,* 2018) y el refuerzo de infraestructuras costeras que incluye adecuar la infraestructura y retirarse de la línea de costa o protegerla (Katsman *et ál.,* 2011; Butler *et ál.,* 2016; Reguero *et ál.,* 2017); estas últimas se implementan en zonas costeras de América Latina y el Caribe, particularmente aquellas con alta densidad poblacional y desarrollo urbano. Medidas que en conjunto se espera que formen parte de las políticas de adaptación que los países están obligados a instrumentar por sus compromisos con la agenda del clima tras el Acuerdo de París del 2015 (Villamizar, 2017). El enfoque ecosistémico permite aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático, articulando sus resultados a marcos políticos, jurídicos e institucionales a escala nacional. La adaptación basada en ecosistemas es una práctica común en zonas de ríos costeros y áreas de manglar, pastos marinos y arrecifes de coral, por la capacidad natural de estos ecosistemas para regular o mitigar los impactos derivados, por ejemplo, de la fuerza del agua en casos de tormentas e inundaciones, o por efecto del aumento del nivel del mar (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013; INVEMAR *et ál.,* 2014).

La adaptación basada en ecosistemas busca aumentar la resiliencia a través de medidas concretas que se sostienen principalmente en los propios servicios ecosistémicos. Sin embargo, la mayoría de las acciones de adaptación se emprenden para hacer frente a los eventos extremos actuales, como las olas de calor y los ciclones, y no para proteger a los ecosistemas. Aun así, se observa que la adaptación basada en ecosistemas se está integrando en iniciativas sectoriales más amplias, tales como la planificación de recursos hídricos, la protección de la biodiversidad, la construcción de capacidad adaptativa local, la defensa costera y la gestión de desastres (March *et ál.,* 2011; Bautista González, 2014). Áreas marinas protegidas (AMP) creadas para proteger recursos marinos y en particular para recuperar pesquerías son hoy día medidas exitosas que pueden mejorar si cumplen con atributos como la aplicación de las reglas, planes de manejo, participación de los pescadores en el manejo de las AMP, representación de las comunidades pesqueras en la junta de las AMP y promoción de la pesca sostenible (Di Franco *et ál.,* 2016). Las AMP representan territorios acuáticos donde los retos legales de la conectividad son muy distintos a los de paisajes terrestres en donde imperan la propiedad privada y los intereses comerciales. En los paisajes marinos y zonas costeras sometidas a algún régimen especial de manejo, impera la gestión pública de espacios naturales y del patrimonio natural del Estado. Dicha gestión pública debe contar con medios y recursos importantes para poder aplicar la ley mediante patrullas y controles en zonas marinas a menudo remotas y de acceso difícil.

4.4.1. Opciones de adaptación

Para responder a las amenazas impuestas por el cambio climático a sus ecosistemas marino-costeros, los países RIOCC han identificado opciones de adaptación relacionadas con la biodiversidad, las pesquerías, la infraestructura y el manejo del riesgo. Algunas de las opciones de adaptación identificadas por países como Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, México y Panamá incluyen protección de ecosistemas vulnerables, reforestación de manglares, manejo integrado de ecosistemas marino-costeros, mantenimiento del flujo de agua y sedimentos en ríos para evitar erosión costera, la extensión de zonas de amortiguamiento naturales para áreas expuestas a huracanes e inundaciones, relocalización de asentamientos ubicados en áreas vulnerables, manejo sustentable del suelo y del uso de agua en deltas, proveer espacio para cambio de ecosistemas y fortalecer los controles de la contaminación, desarrollo de sistemas de alerta temprana ante inundaciones, evaluación de riesgo para pesquerías y acuicultura, manejo de pesquerías, protección de especies amenazadas, mejorar el manejo de áreas protegidas y la promoción de prácticas tradicionales y ancestrales para el uso y manejo de los recursos naturales marino-costeros (Keller *et ál.,* 2011). En la **Tabla 4.7** se muestra una clasificación general de las principales opciones de adaptación en el ámbito de los ecosistemas marino-costeros.

4.4.2. Actividades de adaptación planificada

Existe más de una decena de instituciones e iniciativas regionales de adaptación y mitigación que en los últimos años han aumentado su conciencia sobre la importancia de los

Tabla 4.7. Categorías y ejemplos de opciones de adaptación en países RIOCC basados en Noble *et ál.* (2014), modificado.

Categoría	Ejemplos	
Estructural/ físico	Ambiente construido (ingeniería)	Infraestructura para protección costera; diques para control de inundación y alcantarillas; almacenamiento y bombeo de agua; mejoras en el drenaje; creación de playas; refugios para inundaciones y huracanes; códigos de construcción; manejo de aguas de lluvia y de tormenta; adaptación de infraestructuras de transporte y rutas; casas flotantes; ajuste de infraestructura eléctrica (Reguero *et ál.,* 2017; Martínez *et ál.,* 2019).
	Tecnología	Nuevas variedades de cultivos y animales; técnicas genéticas; métodos y tecnologías tradicionales; prácticas agrícolas conservacionistas; almacenamiento de alimentos y facilidades para su preservación; mapas de amenazas y tecnología para monitoreo; sistemas de alerta; enfriamiento mecánico y pasivo; energías renovables; uso de combustibles de segunda generación (Keller *et ál.,* 2011; Wedding *et ál.,* 2016).
	Basado en ecosistemas	Restauración ecológica (humedales y sabanas costeras inundables); aumento de diversidad biológica; forestación y reforestación; conservación y plantación de manglares; reducción de incendios; infraestructura verde; control de la sobrepesca; comanejo de pesquerías; migración asistida o translocación manejada; corredores ecológicos; conservación *ex situ* y banco de semillas; manejo natural de los recursos basado en la comunidad (Vides *et ál.,* 2012; Lithgow *et ál.,* 2017; Sedoon *et ál.,* 2018).
	Servicios	Redes de seguridad y protección social; bancos de alimentos y distribución de excedentes de alimentos; servicios municipales (saneamiento); comercio internacional; turismo sustentable (Nava Escudero, 2008).
Social	Difusión/ divulgación	Sensibilización e integración en la educación; equidad de género; servicios de divulgación; compartir conocimientos locales y tradicionales; acción-investigación participativa y aprendizaje social; registros comunitarios; intercambio de conocimientos y plataformas de aprendizaje; conferencias internacionales y redes de investigación; comunicación a través de los medios (Mora-Jácome *et ál.,* 2018).
	Gestión de la información	Mapeo de amenazas y vulnerabilidad; alertas tempranas y sistemas de respuesta; monitoreo sistemático y sensores remotos; servicios climáticos (mejoramiento de pronósticos); bajar la escala de los escenarios climáticos; grupos de datos longitudinales; integración de observaciones climáticas de las comunidades locales e indígenas; planes de adaptación basados en las comunidades; desarrollo de escenarios participativos (Botello *et ál.,* 2017).
	Comportamental	Acomodo o migración (con repercusiones sobre la salud y seguridad humana de las cuales deben responsabilizarse las propias personas o los gobiernos); diversificación de medios de subsistencia; dependencia por redes sociales (Sánchez Cohen *et ál.,* 2012).
Institucional	Economía	Incentivos financieros (impuestos y subsidios); seguros (esquema de seguros basados en índices climáticos); bonos para catástrofes; fondos retornables; pagos por servicios ecosistémicos; grupos de ahorro; microfinanzas; fondos para contingencia de desastres; transferencias en efectivo.
	Leyes y regulaciones	Leyes de ordenamiento territorial; estándares de construcción; leyes de apoyo para reducción de desastres; leyes para apoyar compra de seguros contra desastres; definición de derechos de propiedad y tenencia de la tierra; áreas protegidas; áreas marinas y costeras protegidas; cuotas de pesca; patentes y transferencia tecnológica; protección jurisprudencial aplicable a ecosistemas marino-costeros; instrumentos normativos para protección de ecosistemas marino-costeros (Díaz Cano, 2015).
	Gobierno, políticas y programas	Planes nacionales, regionales y municipales de adaptación (incluye cambio climático transversal a la planificación nacional); planificación y manejo de desastres; planes a nivel de ciudades y localidades costeras; planes sectoriales (manejo integrado de aguas y de paisajes, manejo integrado de zonas costeras y marinas; energético, pesca, turismo, acuicultura, etc.); manejo adaptativo; manejo basado en ecosistemas; manejo sostenible de recursos naturales (pesquerías, manglares, humedades); adaptación basada en comunidades (Olivo *et ál.,* 2012; Wedding *et ál.,* 2016).

servicios ecosistémicos de los hábitats marino-costeros de Iberoamérica y del riesgo que el cambio climático representa para su preservación (**Tabla 4.3**). Actualmente, la Red ECOMAR-Evaluación y monitoreo de servicios ecosistémicos marino-costeros en Iberoamérica (CYTED), con socios en Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, España, México, Perú, Portugal y Venezuela, está realizando una revisión sistemática de todos los proyectos, iniciativas y estudios científicos sobre la contribución de las áreas marinas protegidas a la provisión y mantenimiento de servicios ecosistémicos marino-costeros en los países RIOCC y su rol frente al cambio climático (https://www.redecomar.org). La Oficina Regional para México, América Central y el Caribe de la UICN ha llevado a cabo varios programas de adaptación a nivel regional, y en particular sobre cómo la adaptación basada en ecosistemas se está reflejando en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas a nivel nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de los países de Mesoamérica (Luna-Rodríguez y Pérez de Madrid-Utrilla, 2019).

La restauración ecológica, la conservación de áreas protegidas y el comanejo en la gestión de los recursos naturales en las áreas costeras pueden ser herramientas importantes para la adaptación (Yerena *et ál.,* 2018). Se ha considerado a las áreas protegidas parte importante de estrategias nacionales para abordar los impactos causados por el cambio climático y por los desastres que pueden derivarse de los eventos climáticos extremos (McNeely, 2016). Las áreas protegidas a menudo contienen ecosistemas que son efectivos en el almacenamiento de carbono y contribuyen de forma significativa a la adaptación al cambio climático. Los enfoques de gestión que deberían ser apoyados incluyen el establecimiento de corredores entre áreas protegidas que expanden su influencia a escala de paisaje, incorporando los múltiples servicios ecosistémicos que proporcionan y a las comunidades locales en el comanejo de las mismas (Yerena *et ál.,* 2018).

Los países de la región deberían continuar desarrollando e implementando los Planes Nacionales de Adaptación. Pocos han enviado sus planes bajo el Acuerdo de París: Brasil (2016), Chile (2017), Colombia (2018), Guatemala (2019) y Uruguay (2019) ya lo hicieron y se espera que otros países lo hagan en un futuro cercano (Nagy *et ál.,* 2019).

4.4.2.1. Escala supranacional

Hay un creciente desarrollo de iniciativas a escala supranacional para ambientes marino-costeros (Lausche *et ál.,* 2013). En el continente americano existe un conjunto de instrumentos legales y políticas públicas para la planificación del espacio marino. Por ejemplo, el Sistema Arrecifal Mesoamericano frente a la península de Yucatán protege la segunda barrera arrecifal más grande después de la Barrera Arrecifal de Australia, involucrando a Estados y organizaciones no gubernamentales de Belice, Guatemala, Honduras y México. En varios países de América Latina se continúan estableciendo áreas protegidas marinas y otros corredores biológicos, como el Corredor Marino del Pacífico Tropical del Este entre Colombia, Costa Rica, Ecuador y Panamá. Esfuerzos nacionales y locales de ordenamiento territorial también se han enfocado en áreas costeras y marinas mediante el Ordenamiento Espacial Marino, que puede involucrar no solo a autoridades nacionales y organismos internacionales, sino también a comunidades pesqueras.

En el Caribe, CARICOMP, Reef Check, International Coral Reef Network (ICRAN), Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) y Coast and Beach Stability Project (COSALC), entre otros, contribuyen con información que permite analizar tendencias de ecosistemas o hábitats marino-costeros de la región. Estas redes, en primer lugar, facilitan la integración de los conocimientos regionales para abordar la adaptación al cambio climático, reconociendo como una prioridad el establecimiento de un marco de interpretación integral de los fenómenos a una escala regional que permita modelar y proyectar tendencias para formular medidas de adaptación (Hernández-Zanuy, 2014; Cortés *et ál.,* 2019). La Red CYTED CARIbero S.O.S. aglutina estos intercambios de información y espera aportar bases científicas para mejorar las condiciones de salud y resiliencia de los ecosistemas marino-costeros de la región iberoamericana «mediante el desarrollo integrado de metodologías para la rehabilitación de ecosistemas degradados y de gran vulnerabilidad ecológica como los arrecifes de coral, así como la realización de evaluaciones de escenarios e impactos del cambio climático en la biodiversidad marina y costera de la región».

4.4.2.2. Escala nacional

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Colombia tiene un componente de adaptación en zonas costeras y de respuesta ante el ascenso en el nivel del mar (Vides, 2008; Vides *et ál.,* 2012). Entre las políticas propuestas, está la de gestión proactiva y manejo integral de riesgos por ascenso del nivel del mar, que establece como objetivo «incluir las medidas de adaptación para el ascenso del nivel del mar y las acciones para el manejo del riesgo dentro de los planes y esquemas de ordenamiento territorial de los entes territoriales departamentales y municipales» (Vides, 2008). El Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 de Colombia incluye la región Caribe «en torno a la mitigación del riesgo climático, la protección de ecosistemas y el ordenamiento marino-costero, cuyas estrategias incluyen la conservación y el uso sostenible del capital natural marino y continental de la nación a través de la implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas» (Díaz Cano, 2015).

Las áreas marinas protegidas (AMP) se han visto como alternativa viable para la protección de la biodiversidad y ecosistemas marino-costeros y de sus servicios ecosistémicos (Roberts *et ál.,* 2017). La meta de las Naciones Unidas es que cada país proteja al menos el 10 % de sus mares para el 2020, aunque la consecución del objetivo presenta dificultades (Sala *et ál.,* 2018). Adicionalmente, la meta no

incluye a más del 60 % de los océanos, que corresponden a aguas internacionales. Los países de Iberoamérica han creado un número importante de AMP (**Tabla 4.2**). Pero, según los datos disponibles, solo siete países de la región han superado el 10 % propuesto para la creación de estas áreas protegidas: Brasil, Chile, Cuba, Ecuador, México, República Dominicana y Venezuela (**Tabla 4.2**). Otros países están muy lejos de esa meta: Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, Perú, Portugal y Uruguay. Otro aspecto es el hecho de que las cifras para algunos países han sido cuestionadas, como el caso de Brasil, donde hay denuncias de que algunas AMP solo existen en el papel, ya que no se ejerce ninguna acción de protección en el área (Magris y Pressey, 2018). También se constata que, en muchos de los territorios marinos protegidos, se permite la extracción, contraviniendo las prohibiciones explícitas de las diferentes categorías de protección (Sala *et ál.,* 2018; Pita *et ál.,* 2019). Se suma a lo anterior el hecho de que las AMP no necesariamente podrán proteger los recursos marinos que resguardan de los impactos esperados del clima futuro, según se desprende de las más recientes proyecciones climáticas (Bruno *et ál.,* 2018; Pita *et ál.,* 2019). Ante estos escenarios, se espera que los países orienten sus esfuerzos para crear más AMP, cumplir estrictamente con las especificaciones de ley y se continúe con las negociaciones internacionales para proteger las aguas internacionales en toda su extensión y profundidad.

4.4.2.3. Escala local

Existen numerosos ejemplos de manejo comunitario de recursos marino-costeros en la región. Se pueden mencionar los esfuerzos de proyectos regionales en Centroamérica, como PROARCA-Costas, que permitió definir las prioridades de conservación de ecosistemas marino-costeros de la región. En particular, PROARCA-Costas impulsó la protección de humedales de importancia internacional, como el golfo de Fonseca entre El Salvador, Honduras y Nicaragua. También permitió identificar el estado de conservación de humedales y de las comunidades costeras asociadas con su manejo, como el Parque Nacional San Pond Sak y los arrecifes del Parque Nacional Bastimentos en la provincia de Bocas del Toro, en Panamá (Rodríguez y Windevoxhel, 1998).

El Programa de Pequeñas Donaciones en Costa Rica también ha apoyado el trabajo en el manejo de recursos pesqueros de comunidades costeras, como el Refugio de Vida Silvestre de Ostional, en donde la comunidad de Ostional ha creado junto con el Ministerio de Ambiente y Energía y la Universidad de Costa Rica un Comité de Manejo Comunitario de Tortugas Marinas (CIMACO). Esto ha sido una experiencia exitosa con más de 20 años de trabajo comunitario en áreas del manejo sostenible de vida silvestre en una importante zona de desove de tortugas lora (*Lepidochelys olivacea*) y baula (*Dermochelys coriacea*). Esta experiencia ha permitido demostrar que el manejo sostenible de una especie como la tortuga marina se puede realizar a nivel comunitario, con beneficios tangibles para la comunidad y la especie (MINAE-SINAC, 2017).

4.4.3. Actividades de adaptación autónoma

Una de las consecuencias del cambio global es la alteración de la periodicidad con que ocurren los eventos extremos, tales como el incremento de la temperatura superficial del mar y las lluvias torrenciales que están modificando la salinidad costera. Las proyecciones muestran que en la costa atlántica de Europa ocurrirán con mayor frecuencia, intensidad y duración olas de calor y precipitaciones extremas. Este estrés puede derivar en episodios de mortalidad masiva que dependerán de las especies, ciclo de vida o contexto espaciotemporal (Parada *et ál.,* 2012). El marisqueo en Galicia es una actividad económica muy importante y explota más de 60 especies (moluscos, crustáceos, gasterópodos, equinodermos, anélidos, anémonas, algas) con un valor de más de 60 millones de euros anuales. Las especies son altamente dependientes de las condiciones ambientales; así, factores tales como fluctuaciones en la salinidad de los bancos debido a fuertes lluvias en 2000-2001 (Parada *et ál.,* 2012) y 2013-2014 ocasionaron una mortalidad extrema en las rías gallegas.

Las mariscadoras sufren por cambios en las especies capturadas, como una mayor mortalidad (en algunos casos masivas), menor abundancia, tamaño y mayor frecuencia de presencia de parásitos y mareas rojas (Villasante *et ál.,* 2018). Para adaptarse a estos cambios, las mariscadoras, con apoyo de la Administración regional de Galicia, están diseñando estrategias de transformación exitosas del sistema socioecológico. Ellas fueron pioneras en promover su participación en el sistema de comanejo de los recursos marisqueros codiseñando planes de explotación anual desde la década de 1990, permitiendo una recuperación de las especies (Macho *et ál.,* 2013; Villasante *et ál.,* 2018; Pita *et ál.,* 2019). Se han involucrado más en tareas de capacitación, en la toma de responsabilidades en la dirección de sus agrupaciones y mayor vigilancia de la actividad, lo que ha favorecido la cohesión interna entre las mujeres. Una mayor organización permitió optimizar los costos de producción con vistas a mejorar las tareas de limpieza y regeneración de los bancos marisqueros. El codiseño y cumplimiento de los planes de explotación posibilitó obtener mayores ingresos económicos y sociales, obteniendo derechos (prestación por desempleo, bajas médicas remuneradas, entre otros) ante el sistema de la Seguridad Social de España (Villasante *et ál.,* 2018).

4.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Los océanos han absorbido la mitad de todas las emisiones antrópicas a lo largo de los dos últimos siglos (United Nations Ocean Conference, 2017; Cifuentes-Jara *et ál.,* 2018). Los

ecosistemas que contienen el «carbono azul», tales como manglares, praderas de pastos marinos, estuarios, lagunas costeras, marismas y otros ecosistemas marinos se encuentran entre los sumideros de carbono más importantes del planeta (United Nations Ocean Conference, 2017). Los ecosistemas costeros, presentes en los países RIOCC, como las marismas, manglares, praderas de pastos marinos, bosques de macroalgas y arrecifes coralinos, combinan a menudo funciones de sumideros de carbono con cobeneficios medibles en materia de biodiversidad, protección costera y reclutamiento de especies marinas de interés comercial (Laffoley y Grimsditch, 2009; Cifuentes-Jara *et ál.,* 2018).

Los ambientes marino-costeros tropicales, subtropicales y templados en los países RIOCC representan ventajas estratégicas de naturaleza ecológica y comercial para la definición de acciones de adaptación al cambio climático por su capacidad de resiliencia, la cual reside en su diversidad biológica, productividad, valor ecosistémico e importancia en el equilibrio del ciclo del carbono (CPPS/UNESCO/CI/Hivos, 2015; Uribe-Botero, 2015). El informe del IPBES (IPBES, 2018) señala que a nivel mundial los ecosistemas marinos y terrestres son responsables de secuestrar un total de 5,6 gigatoneladas de CO_2, equivalente al 60 % de las emisiones mundiales provenientes de combustibles fósiles. La diversidad de ambientes marino-costeros evidencia su alta plasticidad para adaptarse a eventos de variabilidad climática cíclica (El Niño y La Niña) y eventos climáticos extremos (por ejemplo, olas de calor marinas, huracanes, mareas de tormenta) (**Tabla 4.4**). Sin embargo, la resiliencia de muchos de estos ecosistemas a los cambios naturales y antropogénicos del clima es limitada o comprometida por la exposición a las amenazas (climáticas o no) y la vulnerabilidad debido a su fragilidad. Por ejemplo, la exposición a masas de agua distintas a la que están sometidos los ámbitos marino-costeros debida a cambios en las corrientes, en las características físicas y químicas del agua (más calientes, más ácidas) o en la calidad del agua constituye un riesgo. Esta condición incide sobre su resiliencia y puede poner en mayor riesgo tanto sus atributos biológicos y ecológicos que dan sustento a los servicios ecosistémicos que ofrecen como a la propia capacidad adaptativa natural frente al cambio climático.

Para poder identificar las interacciones entre medidas de adaptación y mitigación, se requiere el desarrollo de nuevos enfoques científicos y políticos. En ambientes marino-costeros esta identificación y su posterior integración resultan un desafío por la propia dinámica natural de estos ambientes y la presión de uso de sus recursos. Constituyen complejos sistemas espaciotemporales cuyos límites geográficos y político-administrativos demandan niveles de conocimiento e información biológica y sociocultural de la que no siempre se dispone, así como de una institucionalidad y una voluntad política sujetas a otros intereses que pueden demandar acciones que compiten con aquellas vinculadas al clima. El IPCC (2014) advierte sobre la necesidad de promover sin dilaciones un cambio de paradigma del modelo económico imperante en términos de producción y uso de los recursos naturales, que permita reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a la vez que ayude a los sistemas naturales y humanos a adaptarse al cambio climático.

4.6. Indicadores de la efectividad de la adaptación

Existe una creciente literatura en torno a la necesidad de alcanzar un entendimiento común de la adaptación basada en ecosistemas y cómo se puede medir su efectividad (Doswald *et ál.,* 2014; Hammill *et ál.,* 2014; FEBA, 2017). Sin embargo, es aún incipiente la experiencia práctica en adaptación y particularmente en ecosistemas marino-costeros (Doswald *et ál.,* 2014). Por otra parte, no es común encontrar series de datos de largo plazo ni sistematizaciones de experiencias orientadas específicamente a medir la efectividad de la adaptación basada en ecosistemas. La evidencia que se requiere idealmente debería ser científica (hipótesis claras, análisis riguroso de datos y su validación a través de la aplicación de métodos estadísticos). No obstante, existen otros tipos de evidencia que pueden basarse, por ejemplo, en la percepción por parte de comunidades locales de cambios de los ecosistemas a lo largo del tiempo, la recopilación clara y consistente de resultados de experiencias dentro de estudios de caso específicos (limitados a un tiempo y área geográfica determinados) o en el análisis documental de bases de datos, entre otras (Córdoba y Marín, 2019).

En un estudio realizado por IISD y GIZ, se propuso el desarrollo de indicadores de adaptación a partir de los sistemas de monitoreo y evaluación de proyectos de adaptación en diferentes países (Hammill, 2014). Doswald *et ál.* (2014) elaboraron criterios e indicadores para medir la efectividad de las distintas medidas de adaptación basada en ecosistemas. Entre las medidas (o intervenciones) de adaptación en zonas costeras están el ordenamiento y realineamiento de la zona marítimo-terrestre ante el aumento del nivel del mar, el manejo integrado de zonas costeras, la restauración de manglares, y la regeneración y protección de humedales en ecosistemas estuarinos y riparios.

A pesar de los esfuerzos que se realizan para mostrar la efectividad de la adaptación basada en ecosistemas, es necesario definir de antemano una serie de criterios para construir los indicadores que se usarán con este propósito. El diseño de cualquier intervención sobre adaptación en ecosistemas marino-costeros deberá hacerse de forma participativa e incluir además un sistema de monitoreo y evaluación que permita a lo largo del tiempo brindar la información necesaria para mostrar cambios positivos en la integridad de los ecosistemas y en la mejora de los servicios para el bienestar humano. Este es uno de los principales retos para medir la efectividad, además de que las mejoras en la salud de los ecosistemas pueden ser perceptibles únicamente a largo plazo (Córdoba y Marín, 2019).

4.7. Casos de estudio

4.7.1. Evaluación de vulnerabilidad, escenarios alternativos y adaptación basada en ecosistemas: Uruguay

4.7.1.1. Resumen del caso

Las áreas costeras son de las más vulnerables al cambio climático y eventos meteorológicos extremos. Como medida de adaptación a esos cambios, se realizó de forma exitosa un proceso de adaptación basada en ecosistemas en la costa de Uruguay entre 2014 y 2017. El proceso fue participativo y consensuado por la comunidad local y se desarrolló con apoyo de un proyecto del Fondo Mundial del Medio Ambiente (FMAM) y el gobierno local. Se evaluó la vulnerabilidad, se analizaron escenarios alternativos y se escogieron medidas basadas en ecosistemas, por ejemplo, entre otros, cambiando los eucaliptos introducidos por vegetación nativa de las dunas. Este es un ejemplo que podría replicarse en otras zonas costeras.

4.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

Las áreas costeras son vulnerables al cambio climático debido a factores externos físicos, sociales y de exposición que pueden ser considerados esencialmente incontrolables en el corto y mediano plazo (años y décadas). Entre estos destacan los tensores climáticos (aumento del nivel del mar, calentamiento del mar, tormentas, El Niño) y no climáticos (aumento de la densidad de población, pobreza y desigualdad) (Villamizar *et ál.,* 2016; Leal Filho *et ál.,* 2018). Los ecosistemas naturales, servicios ecosistémicos y la población de las áreas costeras están expuestos y son sensibles a las inundaciones (permanentes y temporales), la erosión y la pérdida de hábitats, y esto continuará en ausencia de medidas de adaptación, particularmente en las zonas costeras bajas (Neumann *et ál.,* 2015; Villamizar *et ál.,* 2016; Leal Filho *et ál.,* 2018).

4.7.1.3. Descripción del caso

Se presenta una experiencia desarrollada en el Uruguay entre 2014 y 2017 para aumentar la resiliencia costera, entendida aquí como «la capacidad de una comunidad o ambiente natural de prevenir, resistir, responder y recuperarse de una disrupción» (U.S. Climate Resilience Toolkit, 2018). Esta experiencia es local —desarrollada a nivel comunitario—, pero se enmarca progresivamente en una estrategia nacional en desarrollo sobre los planes nacionales de adaptación (NAP) costera y de ciudades e infraestructura.

La costa uruguaya experimenta un aumento moderado del nivel del mar y amenazas crecientes de mar de fondo que requieren el desarrollo de un conjunto de medidas para aumentar la resiliencia a los eventos extremos (Nagy *et ál.,* 2014; Verocai *et ál.,* 2015). Una experiencia de adaptación basada en ecosistemas fue planificada e implementada a nivel comunitario en Kiyú (Gobierno subnacional de San José), en la costa del estuario del río de la Plata, desde 2013, para aumentar la resiliencia local y servir de replicación (Carro *et ál.,* 2018; Nagy y Gutiérrez, 2018). Kiyú es una pequeña localidad turística con una herencia cultural por su tradición rural y sitios arqueológicos. Esta costa micromareal se caracteriza por barrancas erosivas, playas y dunas arenosas y altos eucaliptos vulnerables a las crecidas debidas a ondas de tormenta, crecidas fluviales y lluvias intensas amplificadas por El Niño.

Se calcula para el 2100 un aumento de 15 mm $año^{-1}$ en el nivel medio del mar, así como cambios en la distribución anual de lluvias y de la frecuencia de vientos para el 2050 (respecto a 1990) (IPCC, 2019). Bajo este escenario de aumento del nivel del agua, mar de fondo y lluvias intensas más frecuentes aumentarían la ocurrencia, extensión e impacto de las inundaciones costeras y la erosión, con pérdida de ecosistemas, barrancas, caída de árboles y daños a la infraestructura. Los resultados de esta experiencia se resumen como sigue (Nagy *et ál.,* 2017):

- Cambios en la vegetación costera. Los eucaliptos altos que se caen fácilmente durante las tormentas y destrozan las barrancas fueron cortados y sustituidos por vegetación nativa baja resistente al viento y que no impide la entrada de luz para el desarrollo del pasto caminante fijador de dunas.
- Instalación de estructuras verdes biodegradables para la retención de arena y recuperación de dunas. Esto permite la reconstrucción de una protoduna y una mayor resistencia al viento y mar de fondo (desde 2014).
- Infraestructura resiliente: i) drenaje de agua para reducir la erosión debida a lluvias intensas, y ii) reperfilamiento de caminos para permitir la captura de agua de lluvia y prevenir los flujos erosivos en barrancas y dunas.
- La creación a nivel subnacional de la Oficina Departamental de Cambio Climático (ODCC), la cual permite incorporar acción climática en la gestión costera para lograr una mejora de las capacidades y la participación de actores (gobierno local, actores locales, academia, un proyecto GEF y Gobierno nacional). Esto es una innovación en el marco del ordenamiento institucional y legal vigente.
- Desde la implementación de las medidas de adaptación basada en ecosistemas, de recuperación ecosistémica y aumento de la resiliencia costera y la creación de la ODCC en 2015, las medidas han demostrado su eficiencia contra los eventos extremos, permitiendo una rápida recuperación de la playa, dunas y marismas.

4.7.1.4. Limitaciones e interacciones

Este caso de estudio es una experiencia piloto a escala local reducida y sobre problemas específicos, por lo cual el potencial de replicación se ve limitado.

Las interacciones más relevantes se refieren a la integración de la acción climática en el marco de la experiencia en gestión integral costera para resolver problemas ambientales con cobeneficios socioambientales múltiples, no solo climáticos (Nagy *et ál.,* 2014).

4.7.1.5. Lecciones identificadas

La integración de la adaptación al cambio climático, la gestión integral costera y la gestión de riesgos hidrometeorológicos fueron posibles gracias a un proceso participativo y consensuado sobre adaptación basada en ecosistemas. La adaptación debe focalizarse en aumentar la resiliencia en relación con problemas ya presentes mediante la selección de medidas de adaptación graduales, aceptables por los actores y que pueden ser implementadas en el marco institucional y legal vigente. Los impactos potenciales futuros pueden ser considerados en el marco de la ODCC que cada país haya creado.

4.7.2. Recuperación de manglares en El Delgadito, Baja California, México: exitosa adaptación al cambio climático con base comunitaria

4.7.2.1. Resumen del caso

Los manglares son ecosistemas costeros de gran importancia por los múltiples servicios ambientales que ofrecen, como la protección de la costa frente a impactos oceanográficos. Con el cambio climático vienen creciendo los eventos extremos de oleaje y aumento en el nivel del mar. Como medida de protección de los manglares y de adaptación al cambio climático, se realizó de forma exitosa la reforestación de mangle rojo entre 2014 y 2017 con aproximadamente 40.000 plántulas trasplantadas en El Delgadito, Baja California, México. La captación de propágulos y su germinado y trasplante se realizaron de forma artesanal y casi en su totalidad soportados con fondos propios de la comunidad de pescadores con escasos recursos.

4.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

El aumento del nivel del mar es uno de los impactos más esperados del cambio climático en áreas costeras, causando principalmente inundaciones en zonas bajas y un aumento de la erosión costera (McFadden *et ál.,* 2007). Al respecto, una medida de adaptación muy recomendada es la reforestación de los manglares en áreas tropicales, ya que estos actúan como barrera protegiendo la costa de la erosión marina (Spalding *et ál.,* 2014), además de que tienen una gran capacidad para captar y atrapar CO_2 (Mcleod *et ál.,* 2011). En el interior de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno en México, se encuentra localizado el campo pesquero El Delgadito (**Figura 4.2**), poblado que es ejemplo de conservación de los manglares más norteños del Pacífico Nordeste del país.

Según una encuesta a los habitantes de la región (Borbón, 2017), estos consideran que gracias a los manglares la comunidad se encuentra protegida de inundaciones por marejadas y huracanes y la consecuente erosión costera del oleaje. Además, creen que los manglares tienen un papel importante en mantener la calidad del agua, que sirve de «guardería» para larvas y juveniles de especies de interés comercial y para amortiguar el impacto de las altas temperaturas (WILDCOAST, 2016a, b; Borbón, 2017). Se ha observado en los últimos años un gran número de manglares secos (**Figura 4.3a**), lo cual, en opinión de los habitantes de la zona, se debe al cambio del clima y a la proliferación de un alga que envuelve sus raíces (Borbón, 2017). No existe aún información sobre el alga, y por la preocupación de los habitantes varios científicos están investigando el fenómeno.

4.7.2.3. Descripción del caso

Debido al deterioro observado en los manglares en los últimos años y la preocupación que eso generaba a parte de la comunidad, la familia Borbón (**Figura 4.3b**) se ha dedicado a la actividad de reforestación de manglares por medio de trasplante de plántulas germinadas a partir de propágulos de manera artesanal (**Figura 4.3c**). La actividad ha tenido gran éxito, ya que durante los últimos tres años se han trasplantado unas 40.000 nuevas plántulas (**Figura 4.3d**). Es muy importante destacar que un grupo de jóvenes y mujeres de la comunidad participa activamente en actividades de limpieza y trasplante de plántulas, así como en su monitoreo (Montaño-Gómez, 2017).

4.7.2.4. Limitaciones e interacciones

En general, la falta de fondos es una de las mayores limitantes, dado que restringe la logística y el material necesario para desarrollar la actividad de reforestación y cuidado de manglares. En ese sentido, se recomienda otorgar más apoyos gubernamentales y de organizaciones de la sociedad civil a este tipo de proyectos exitosos sobre la protección de recursos naturales. La falta de conocimiento es otra de las limitantes, destacando la importancia de fomentar lazos entre las comunidades y las instituciones de investigación. La falta de educación en las comunidades ha sido señalada como otra de las limitantes, por lo que se recomienda desarrollar programas para el fomento de la educación ambiental con bases comunitarias.



Figura 4.2. Ubicación de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno (verde claro) y campo pesquero El Delgadito. Fuente: elaboración propia; mapa de Google maps.



Figura 4.3. (a) Afectación de los manglares; (b) propágulos y plántulas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*); (c) familia Borbón en sitio reforestado recientemente, y (d) plantas de mangle reforestadas en la primera etapa. Fuente: fotos de Antonina Ivanova, 2017.

Al ser una actividad comunitaria, las interacciones más observadas son las de carácter social, como el involucramiento de mujeres y jóvenes en las labores de la propuesta, aunque también hubo apoyos, mínimos pero significativos, de las autoridades de la reserva y algunas organizaciones no gubernamentales.

4.7.2.5. Lecciones identificadas

La actividad de reforestación de manglares fue un éxito. Se están formando nuevos manglares sobre varios kilómetros de playa, lo que representa un beneficio tanto para lo comunidad como para el ambiente. Al proteger estas costas de efectos del clima, aumenta el área de «guardería» para especies de interés comercial y ecológico y se contribuye con la captura de carbono atmosférico.

Además, la puesta en marcha y desarrollo del proyecto permitió una mayor interacción comunitaria entre jóvenes y adultos sobre temas ambientales y el cuidado de los recursos naturales, des-

tacando la participación de numerosas mujeres. También se promovió la educación ambiental a nivel comunitario con base en la reforestación de los manglares, invitando a niños en edad escolar a observar y participar en las actividades.

4.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

A pesar de haber múltiples beneficios a partir de las sinergias que se dan entre adaptación y mitigación en áreas costeras, no hay un esquema de valoración holístico para integrar la política climática con las estrategias de desarrollo adecuadas a estas zonas que se supone que deben corresponderse con los planes de manejo integrado de las zonas costeras que poseen todos los países RIOCC. Tampoco existen herramientas de evaluación integrada del efecto de las medidas de adaptación en las zonas marino-costeras.

En la gran mayoría de los países no se tiene conocimiento suficiente o no se consideran los beneficios adicionales económicos y ambientales, entre otros, que se derivan de las acciones de adaptación y mitigación integrada en la zona marino-costera, como por ejemplo, generación de empleo, mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura vial, reducción en el uso de recursos naturales; inversión del sector privado, en particular del sector agrícola y el turístico, conservación de recursos naturales y sus funciones ecosistémicas, salud ambiental de los ecosistemas y la creación de instituciones político-sociales novedosas con flexibilidad para innovar, generar credibilidad y legitimación de acciones de gobernanza y seguridad alimentaria.

En los países RIOCC de LAC, y en especial en los países tropicales, existe una carencia importante de conocimiento básico sobre la biodiversidad, ecología y evolución de los ecosistemas marino-costeros. En todos los países de la RIOCC prácticamente faltan estudios sobre la sinergia de perturbaciones naturales e impactos antrópicos en ecosistemas marino-costeros, así como de sus impactos socioeconómicos.

Hay ejemplos de acciones para aumentar la salud y resiliencia al cambio climático de ecosistemas marino-costeros, pero son la excepción. Existen experiencias en varios países donde se trabaja directamente con las comunidades en la construcción de capacidades locales, pero aún falta mucho más trabajo y extenderlo a todos los países de la RIOCC.

Finalmente, se necesitan valoraciones económicas derivadas de la inacción, el costo de no hacer nada *vs.* adoptar medidas. Se requiere determinar el costo de las medidas de adaptación, para lo cual es fundamental contar con financiamiento para el desarrollo de proyectos de adaptación al cambio climático y eventos extremos en la zona costera y marina.

4.9. Conclusiones

Iberoamérica está dotada de una extraordinaria diversidad biológica, y una importante proporción de esta diversidad se encuentra en los ecosistemas marino-costeros de la región. El bienestar y desarrollo de una proporción significativa de la población Iberoamericana depende, directa o indirectamente, de la productividad y la salud de estos ecosistemas. Numerosas economías regionales dependen de la actividad pesquera y turística, y su desarrollo sostenible debe considerar un manejo sustentable de estos recursos.

Existen en los países de la RIOCC opciones para reducir la vulnerabilidad y la exposición de poblaciones humanas a los impactos directos e indirectos del cambio climático en zonas costeras. Los casos de estudio presentados muestran algunos de los esfuerzos en marcha de adaptación basada en ecosistemas a nivel local en sus zonas costeras. Se constata la necesidad de concretar esfuerzos conjugados en materia de conservación y protección de ecosistemas costeros, espacios marinos y grandes ecosistemas marinos. Se presentan algunas ideas para orientar los esfuerzos de adaptación al cambio climático en zonas costeras y en ecosistemas marinos.

Adicionalmente, ecosistemas marino-costero importantes, como manglares, praderas de fanerógamas y bosques de macroalgas, son clave en el secuestro de carbono a nivel mundial.

Preguntas frecuentes

1. ¿La definición de adaptación utilizada para ecosistemas marino-costeros es la misma definición de adaptación general que se usa en el tema de cambio climático?

Existen varias definiciones de adaptación, aunque todas tienen en común el objetivo de moderar el daño o aprovechar oportunidades beneficiosas del cambio climático. En el presente informe utilizamos la definición del Reporte SREX (IPCC, 2013): «En los sistemas humanos, el proceso de ajuste al clima real o esperado y sus efectos, para moderar el daño o explotar oportunidades beneficiosas. En los sistemas naturales, el proceso de ajuste al clima real y sus efectos; la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima esperado».

2. ¿Se puede distinguir la adaptación para ambientes marino-costeros de las acciones de desarrollo normales?

Adaptación y desarrollo están conceptualmente vinculados por el hecho de que el cambio climático es un problema del desarrollo; por tanto, es sujeto de política pública, y la adaptación es una medida de política pública destinada a moderar o aprovechar sus efectos. Los

efectos del desarrollo en áreas marino-costeras han sido tradicionalmente abordados con medidas de ordenación territorial, manejo integrado de la zona costera y creación de áreas protegidas. Esas medidas tradicionales se han incorporado a un grupo más amplio y específico de medidas de adaptación al cambio climático (como es el manejo basado en ecosistemas, la construcción de capacidades adaptativas locales, construcción de resiliencia climática, integración de la adaptación climática a la planificación estratégica, restauración de ecosistemas), que aportan mejoras en los medios de vida locales, un mayor acceso a los recursos marino-costeros y una mayor capacidad de recuperación (menor vulnerabilidad y mayor resiliencia). Resultados que por igual se espera que brinde el desarrollo ante la gran variedad de incertidumbres a las que se enfrentan los hogares y las comunidades. Sin embargo, perseguir las prioridades de desarrollo sin mirar hacia un mundo con un cambio en el clima podría socavar los esfuerzos de desarrollo ya sea por no adaptarse a la posibilidad de un cambio en el clima o por medio de acciones que eliminen las opciones para enfrentar los cambios en los climas (maladaptación).

3. ¿Cuál es el estado actual de la planificación e implementación de la adaptación al cambio climático en los países RIOCC?

En la literatura se mencionan más planes a nivel nacional y estrategias de adaptación para algunos países RIOCC, mientras que se documentan más casos de implementación a nivel local que se basan en la adaptación basada en ecosistemas. Diferentes sectores (por ejemplo, reducción del riesgo de desastres, planificación de recursos pesqueros, planificación turística) tratan la adaptación dentro de su contexto tradicional de planificación en diversos grados. La incorporación de la adaptación, es decir, la integración continua de la planificación de la adaptación en los diferentes enfoques sectoriales para los impactos del cambio climático es un desafío. Existen algunas experiencias en relación con la adaptación al cambio climático. Por ejemplo, mientras que las comunidades pesqueras locales adaptan sus prácticas al cambio de clima de un año a otro (por ejemplo, la selección de especies a pescar), los sistemas pesqueros se adaptan al clima cambiante a largo plazo (Nagy *et ál.,* 2019).

Agradecimientos

J.C. agradece la invitación para coordinar este capítulo y a Rocío Córdoba Muñoz por la revisión de la versión final. S.V. agradece la financiación del programa CYTED a la Red ECOMAR-Evaluación y Monitoreo de servicios ecosistémicos marino-costeros en Iberoamérica. Agradecemos a Beatriz Naranjo-Elizondo la preparación de la Figura 4.1, así como sus observaciones y correcciones a los revisores oficiales de la RIOCC, a Rocío Córdoba-Muñoz y a revisores académicos de América Latina y la Península Ibérica.

Bibliografía

Acuña-Piedra, J.F. y A. Quesada-Román, 2016: Evolución geomorfológica entre 1948 y 2012 del delta Térraba-Sierpe, Costa Rica. *Cuaternario y Geomorfología,* 30(3-4), 9-28.

Alongi, D.M. y S.K. Mukhopadhyay, 2015: Contribution of mangroves to coastal carbon cycling in low latitude seas. *Agricultural and Forest Meteorology,* 213, 266-272.

Álvarez-Salgado, X.A., U. Labarta, M.J. Fernández-Reiriz, F.G. Figueiras, G. Rosón, S. Piedracoba, R. Filgueira y M.J. Cabanas, 2008: Renewal time and the impact of harmful algal blooms on the extensive mussel raft culture of the Iberian coastal upwelling system (SW Europe). *Harmful Algae,* 7, 849-855.

Amado-Filho, G.M., G.W. Maneveldt, G.H. Pereira-Filho, R.C.C. Manso, R.G. Bahia, M.B. Barros-Barreto y S.M.P.B. Guimarães, 2010: Seaweed diversity associated with a Brazilian tropical rhodolith bed/ Diversidad de macroalgas asociada con un manto de rodolitos tropical de Brasil. *Ciencias Marinas,* 36, 371-391.

Andrade, G.I., J.C. Sandino y J. Aldana-Domínguez, 2011: *Biodiversidad y territorio: Innovación para la gestión adaptativa frente al cambio global, insumos técnicos para el Plan Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos/Colombia.* Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, 64 pp.

Andrade-Amaya, C.A., A.J. Ferrero-Ronquillo, H. León-Rincón, H. Mora-Páez y H. Carvajal-Perico, 2017: Sobre cambios en la línea de costa entre 1735 y 2011 y la subsidencia en la Bahía de Cartagena de Indias, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,* 41(158), 94-106, http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.360

Baker, A.C., P.W. Glynn y B. Riegl, 2008: Climate change and coral reef bleaching: an ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 80, 435-471.

Barber, C.V., K.R. Miller y M. Boness (eds.), 2004: *Securing Protected Areas in the Face of Global Change: Issues and Strategies*. IUCN, Gland, Switzerland y Cambridge, UK, 236 pp.

Bastidas, C., D. Bone, A. Croquer, D. Debrot, E. Garcia, A. Humanes, R. Ramos y S. Rodríguez, 2012: Massive hard coral loss after a severe bleaching event in 2010 at Los Roques, Venezuela. *Revista de Biología Tropical,* 60, 29-37.

Bautista González, K.A., 2014: *Análisis de vulnerabilidad de los manglares de la costa occidental de Baja California Sur, México, con miras a identificar acciones de adaptación local.* Tesis Máster en Práctica del Desarrollo, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 104 pp.

Beck, M.W., S. Narayan, D. Trespalacios, K. Pfliegner, I.J. Losada, P. Menéndez, A. Espejo, S. Torres, P. Díaz-Simal, F. Fernandez, S. Abad, P. Mucke y L. Kirch, 2018: *The Global Value of Mangroves for Risk Reduction. Summary Report*. The Nature Conservancy, Berlin, 12 pp.

Bidegain, M., M. Pasten, G.J. Nagy, G. Coronel, J. Ferrer e I. Arana, 2018: Tendencias recientes de las precipitaciones e impactos

asociados con ENSO en la cuenca del Río de la Plata. *Paraquaria Natural,* 5(2), 8-18

Bijlsma, L., C.N. Ehler, R.J.T. Klein, S.M. Kulshrestha, R.F. McLean, N. Mimura, R.J. Nicholls, L.A. Nurse, H. Perez-Nieto H, E.Z. Stakhiv, R.K. Turner y R.A. Warrick, 1996: Coastal zones and small islands. En: *Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses* [Watson, R.T., M.C. Zinyowera y R.H. Moss (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 289-324.

Bindoff, N.L., W.W.L. Cheung, J.G. Kairo, J. Arístegui, V.A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M.S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S.R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue y P. Williamson, 2019: Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. En: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Pörtner H.-O., D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama y N.M. Weyer (eds.)]. En prensa.

BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013: *Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con énfasis en áreas silvestres protegidas: Síntesis del estado del arte 2009-2011.* Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), San José, Costa Rica, 39 pp.

Birkeland, C. (ed.), 2015: *Coral Reefs in the Anthropocene.* Springer Science+Business Media, Dordrecht, 270 pp.

Blanco, J.F., A. Estrada, L.F. Ortiz y L. E. Urrego, 2012: Ecosystem-wide impacts of deforestation in mangroves: the Urabá Gulf (Colombian Caribbean) case study. *International Scholarly Research Network, Ecology,* 2012, Article ID 958709, 14 pp., DOI: 10.5402/2012/958709

Borbón, A.M., 2017: Entrevista 24 de septiembre. Delgadito, Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México.

Bovarnick, A., F. Alpizar y C. Schnell, 2010: *The Importance of Biodiversity and Ecosystems in Economic Growth and Equity in Latin America and Caribbean: An Economic Valuation of Ecosystem. Latin America and Caribbean: A Biodiversity Superpower.* United Nations Development Programme, New York, 24 pp.

Botello, A.V., S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Galaviz (eds.), 2017: *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático.* UJAT, UNAM, UAC, México, 476 pp.

Breitburg, D., L.A Levin, A. Oschlies, M. Grégoire, F.P. Chavez, D.J. Conley, V. Garçon, D. Gilbert, D. Gutiérrez, K. Isensee, G.S. Jacinto, K.E. Limburg, I. Montes, S.W.A. Naqvi, G.C. Pitcher, N.N. Rabalais, M.R Roman, K.A. Rose, B.A. Seibel, M. Telszewski, M. Yasuhara y J. Zhang, 2018: Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science,* 359, 46, DOI: 10.1126/science.aam7240

Bruno, J.F. A.E. Bates, C. Cacciapaglia, E.P. Pike, S.C. Amstrup, R. Van Hooidonk, S.A. Henson y R.B. Aronson, 2018: Climate change threatens the world's marine protected areas. *Nature Climate Change*, 8, 499-503. DOI: org/10.1038/s41558-018-0149-2

Calil, J., B.G. Reguero, A.R. Zamora, I.J. Losada y F.J. Méndez, 2017: Comparative Coastal Risk Index (CCRI): A multidisciplinary risk index for Latin America and the Caribbean. Plos One, 12, (11), e0187011. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187011

Canty, S.W.J, R.F. Preziosi y J.K. Rowntree, 2018: Dichotomy of mangrove management: A review of research and policy in the Mesoamerican reef region. *Ocean and Coastal Management,* 157, 40-49.

Carr, M.H, J.W. White, E. Saarman, J. Lubchenco, K. Milligan y J.E. Caselle, 2019: Marine protected areas exemplify the evolution of science and policy. *Oceanography,* 32, 94-103.

Carro, I., L. Seijo, G.J. Nagy, X. Lagos y O. Gutiérrez, 2018: Building capacity on ecosystem-based adaptation strategy to cope with extreme events and sea-level rise on the Uruguayan coast. *International Journal of Climate Change Strategies and Management,* 10, 504-522.

Carson, M.A., D. Köhl, A.B.A. Stammer, C.A. Slangen, R.S.W. Katsman, J. van de Wal, J. Church y N. White, 2016: Coastal sea-level changes, observed and projected during the 20th and 21st century. *Climatic Change,* 134, 269-281, DOI: 10.1007/ s10584-015-1520-1

CEPAL, 2012: *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y El Caribe, vulnerabilidad y exposición.* CEPAL-Universidad de Cantabria, Santiago.

CEPAL, 2015: *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe. Dinámica, tendencias y variabilidad climática.* División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL, www.cepal.org/dmaah

Cifuentes-Jara, M., C. Brenes, P. Leandro, O. Molina, T.E. Romero, D. Torres y S. Velásquez, 2018: *Manual centroamericano para la medición de carbono azul en manglares.* CATIE, Turrialba, Costa Rica, 92 pp. (Serie técnica. Informe técnico, no.#141).

Chicas-Batres, F.A, J. Segovia, J.A. González-Leiva y L. García, 2015: Avances y desafíos de la agenda de cambio climático en la Zona Costero- Marina de El Salvador. *Revista COMUNICACIONES científicas y tecnológicas,* 1, 19-34.

Claudet, J., L. Bopp, W.W.L. Cheung, R. Devillers, E. Escobar-Briones, P. Haugan, J.J. Heymans, V. Masson-Delmotte, N. Matz-Lück, P. Miloslavich, L. Mullineaux, M. Visbeck, R. Watson, A.M. Zivian, I. Ansorge, M. Araujo, S. Aricò, D. Bailly, J. Barbière, C. Barnerias, C. Bowler, V. Brun, A. Cazenave, C. Diver, A. Euzen, A.T. Gaye, N. Hilmi, F. Ménard, C. Moulin, N.P. Muñoz, R. Parmentier, A. Pebayle, H.-O. Pörtner, S. Osvaldina, P. Ricard, R.S. Santos, M.-A. Sicre, S. Thiébault, T. Thiele, R. Troublé, A. Turra, J. Uku y F. Gaill, 2020: A roadmap for using the UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development in support of science, policy, and action. *One Earth,* 2. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.012

Climate Adapt, 2017: *Adaptation Options.* The European Climate Adaptation Platform-Adapt, https://climate-adapt.eea.europa.eu/about

Córdoba, R. y M. Marín, 2019: Capítulo III. Evidencia. En: *Gobernanza para la adaptación basada en ecosistemas* [Iza, A. (ed.)]. UICN: Gland, Suiza: UICN, pp. 45-60, https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.EPLP.89.es

Cortés, J., 2016: The Pacific coastal and marine ecosystems. En: *Costa Rican Ecosystems* [Kappelle, M. (ed.)]. University of Chicago Press, Chicago y London, pp. 97-138.

Cortés, J., 2019a: Capítulo 2.1: Historia de la investigación de los arrecifes coralinos en América Latina. En: *Ciencias marino-costeras en el umbral del Siglo xxi: Desafíos en Latinoamérica y el Caribe* [Muniz, P., E. Brugnoli, N. Venturini, N. y D. Conde (eds.)]. AGT Editor, S.A., México D.F., pp. 217-289.

Cortés, J., 2019b: Capítulo 26: Isla del Coco, Costa Rica, Eastern Tropical Pacific. En: *Mesophotic Coral Ecosystems* [Loya, Y., K.A. Puglise y T.C.L. Bridge (eds.)]. Springer Nature, Switzerland, pp. 465-474, https://doi.org/10.1007/978-3-319-92735-0_26

Cortés, J., I.C. Enochs, J. Sibaja-Cordero, L. Hernández, J.J. Alvarado, O. Breedy, J.A. Cruz-Barraza, O. Esquivel-Garrote, C. Fernández-García, A. Hermosillo, K.L. Kaiser, P. Medina-Rosas, Á. Morales-Ramírez, C. Pacheco, A. Pérez-Matus, H. Reyes-Bonilla, R. Riosmena-Rodríguez, C.

Sánchez-Noguera, E. Wieters y F.A. Zapata, 2017: Marine biodiversity of Eastern Tropical Pacific coral reefs. En: *Coral Reefs of the Eastern Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment* [Glynn, P.W., D. Manzello e I. Enochs (eds.)]. Springer Science+Business Media, Dordrecht, pp. 203-250.

Cortés, J., H.A. Oxenford, B.I. van Tussenbroek, E. Jordán-Dahlgren, A. Cróquer, C. Bastidas y J.C. Ogden, 2019: The CARICOMP network of Caribbean Marine Laboratories (1985-2007): History, key findings, and lessons learned. *Frontiers in Marine Science,* 5, 519, DOI: 10.3389/fmars.2018.00519

CPPS/UNESCO/CI/Hivos, 2015: *Plan de acción regional para la conservación de los manglares en el Pacífico Sudeste.* CPPS, UNESCO, Conservación Internacional e Hivos, Guayaquil, Ecuador.

Cróquer, A., E. Villamizar, M.B. Barreto, S. Giner, H. Guada, R. Torres y A.Yranzo, 2018: Ecosistemas marino-costeros. En: *Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela* [Villamizar, A., E. Buroz Castillo, R. Lairet Centeno y J. Gómez (eds.)]. Ediciones ACFIMAN – CITECI, Caracas, 486 pp., ISBN: DC2018000406.

Cullen-Unsworth, L.C. y R. Unsworth, 2018: A call for seagrass protection. *Science,* 361, 446-448.

Da Rocha, J.M., M.J. Gutiérrez y S. Villasante, 2014: Global warming under stock growth uncertainty: The European sardine fishery. *Regional Environmental Change,* 14, 195-205.

Day, J., C. Ibáñez, F. Scarton, D. Pont, P. Hensel, J. Day y R. Lane, 2011: Sustainability of Mediterranean deltaic and lagoon wetlands with sea-level rise: The importance of river input, *Estuaries and Coasts,* 34, 483-493, DOI 10.1007/s12237-011-9390-x

De Oliveira-Miranda, R., J. Lessmann, A. Rodríguez-Ferraro y F. Rojas-Suárez (eds.): 2010: *Ciencia y conservación de especies amenazadas en Venezuela: Conservación Basada en Evidencias e Intervenciones Estratégicas.* Provita, Caracas, Venezuela, 234 pp.

Defeo, O., A. McLachlan, D.S. Schoeman, T.A. Schlacher, J. Dugan, A. Jones, M. Lastra y F. Scapini, 2009: Threats to sandy beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 81, 1-12.

Deutsch, L., S. Gräslund, C. Folke, M. Troell, M. Huitric, N. Kautsky y L. Lebel, 2007: Feeding aquaculture growth through globalization: Exploitation of marine ecosystems for fishmeal. *Global Environmental Change,* 17, 238-249.

Díaz Cano, M. 2015: Afectación y protección de ecosistemas marino costeros en Colombia. *VERBUM,* 10(10), 95-116.

Di Franco, A., P. Thiriet, G. Di Carlo, C. Dimitriadis, P. Francour, N.L. Gutiérrez, A.J. de Grissac, D. Koutsouba, M. Milazzo, M.d.M. Otero, C. Piante, J. Plass-Johnson, S. Sainz-Trapaga, L. Santarossa, S. Tudela y P. Guidetti, 2016: Five key attributes can increase marine protected areas performance for small-scale fisheries management. *Scientific Reports,* 6, artículo n.° 38135 (2016).

Doswald, N., R. Munroe, D. Roe, A. Giuliani, I. Castelli, J. Stephens, I. Möller, T. Spencer, B. Vira y H. Reid, 2014: Effectiveness of ecosystem-based approaches for adaptation: review of the evidence-base. *Climate and Development,* 6(2), 185-201, DOI: 10.1080/17565529.2013.867247

Eakin, C.M., J.A. Morgan, S.F. Heron, T.B. Smith, G. Liu, L. Alvarez-Filip, B. Baca, E. Bartels, C. Bastidas, C. Bouchon, M. Brandt, A.W. Bruckner, L. Bunkley-Williams, A. Cameron, B.D. Causey, M. Chiappone, T.R.L. Christensen, M.J.C. Crabbe, O. Day, E. de la Guardia, G. Díaz-Pulido, D. DiResta, D.L. Gil-Agudelo, D.S. Gilliam, R.N. Ginsburg, S. Gore, H.M. Guzmán, J.C. Hendee, E.A. Hernández-Delgado, E. Husain, C.F.G. Jeffrey, R.J. Jones, E. Jordán-Dahlgren, L.S. Kaufman, D.I. Kline, P.A. Kramer, J.C. Lang, D. Lirman, J. Mallela, C. Manfrino, J.-P. Maréchal, K. Marks, J. Mihaly, W.J. Miller, E.M. Mueller, E.M. Muller, C.A. Orozco Toro, H.A. Oxenford, D. Ponce-Taylor, N. Quinn, K.B. Ritchie, S. Rodríguez, A. Rodríguez Ramírez, S. Romano, J.F. Samhouri, J.A. Sánchez, G.P. Schmahl, B.V. Shank, W.J. Skirving, S.C.C. Steiner, E. Villamizar, S.M. Walsh, C. Walter, E. Weil, E.H. Williams, K.W. Roberson y Y. Yusuf, 2010: Caribbean corals in crisis: record thermal stress, bleaching, and mortality in 2005. *Plos One,* 5 (11), e13969, DOI: 10.1371/journal.pone.0013969

ECLAC, 2018: *The Caribbean Outlook, 2018*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), (LC/SES.37/14/Rev.1), Santiago, Chile.

Escobar-Briones, E., C. Salvadeo, M.A. Pardo, F.R. Elorriaga Verplancken, H. Rosales Nanduca, L. Medrano González, G. Heckel Dziendzielewski, Y. Schramm Urrutia, E.A. Gómez-Gallardo Unzueta y J. Urbán Ramírez, 2015: Sistemas oceánicos. En: *Reporte Mexicano de Cambio Climático, Grupo II Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación* [Gay y García C., A. Cos Gutiérrez y C.T. Peña Ledón (eds.)]. Universidad Nacional Autónoma de México/Programa de Investigación en Cambio Climático, México, pp. 59-70.

FAO, 2012: *Estado de las áreas marinas y costeras protegidas en América Latina.* Elaborado por Aylem Hernández Ávila. REDPARQUES, Cuba, Santiago de Chile, 620 pp.

FAO, 2015: *La evaluación de los recursos forestales mundiales, compedio de datos.* Departamento Forestal de la FAO, Roma, 253 pp.

FAO, 2016: *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 224 pp.

FAO, 2019: *Fisheries Topics: Ecosystems. Ecosistemas costeros y marinos. Topics Fact Sheet* [en línea]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. Actualizado el 28 de diciembre de 2015. [Citado el 3 de mayo de 2019], http://www.fao.org/fishery/

FEBA, Friends of Ecosystem-based Adaptation, 2017: *Making Ecosystem-based Adaptation Effective: A Framework for Defining Qualification Criteria and Quality Standard*s (FEBA technical paper developed for UNFCCC-SBSTA 46). GIZ, Bonn, Germany, IIED, London, UK, IUCN, Gland, Switzerland, 14 pp.

Feller, I.C., D.A. Friess, K.W. Krauss y R.R. Lewis III, 2017: The state of the world's mangroves in the 21st century under climate change. *Hydrobiologia,* 803, 1-12.

Foster, M.S., G.M. Amado-Filho, N.A. Kamenos, R. Riosmena-Rodríguez y D.L. Steller, 2013: Rhodoliths and rhodolith beds. *Smithsonian Contributions to Marine Science,* 39, 143-155.

Fuentes-Santos, I., A. Cubillo y U. Labarta, 2017: A bioeconomic approach to optimize mussel culture production. *Reviews in Aquaculture,* 9, 125-140.

Gaines, S., R. Cabral, C. Free, Y. Golbuu *et ál.,* 2019: *The Expected Impacts of Climate Change on the Ocean Economy.* World Resources Institute, Washington DC, www.oceanpanel.org/ expected-impacts-climate-change-ocean-economy

García, S., J. Araujo, J. Reid, A. Castillo, J. Duarte y P. Méndez, 2011: Marine and coastal protected areas system in Venezuela. *Journal of Coastal Research, Special Issue,* 64, 1975-1978.

Gattuso, J.-P. y L. Hansson (eds.), 2011: *Ocean Acidification.* Oxford University Press, Oxford, UK.

Gobierno de Guatemala, 2011: *Plan de Desarrollo Integral del Litoral del Pacífico. Guatemala.* Diagnóstico territorial, tomo 1. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Ordenamiento Territorial: SEGEPLAN/DOT, Guatemala.

Godoy, D.P. y L.D. de Lacerda, 2015: Mangroves response to climate change: A review of recent findings on mangrove extension and distribution. *Anais da Academia Brasileira de Ciências,* 87: 651-667.

Guarderas, A.P., S.D. Hacker y J. Lubchenco, 2008: Current status of Marine Protected Areas in Latin America and the Caribbean. *Conservation Biology,* 22, 1630-1640, DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.01023.x

Hallock, P., 2015: Changing influences between life and limestones in Earth history. En: *Coral Reefs in the Anthropocene* [Birkeland, C. (ed.)]. Springer Science+Business Media, Dordrecht, pp. 17-42.

Halpern, B.S., S. Walbridge, K.A. Selkoe, C.V. Kappel, F. Micheli, C. D'Agrosa, J.F. Bruno, K.S. Casey, C. Ebert, H.E. Fox, R. Fujita, D. Heinemann, H.S. Lenihan, E.M.P. Madin, M.T. Perry, E.R. Selig, M. Spalding, R. Steneck y R. Watson, 2008: A global map of human impact on marine ecosystems. *Science,* 319, 948-952.

Halpern B.S., C. Longo, D. Hardy, K.L. McLeod, J.F. Samhouri, S.K. Katona, K. Kleisner, S.E. Lester, J. O'Leary, M. Ranelletti, A.A. Rosenberg, C. Scarborough, E.R. Selig, B.D. Best, D.R. Brumbaugh, F.S. Chapin, L.B. Crowder, K.L. Daly, S.C. Doney, C. Elfes, M.J. Fogarty, S.D. Gaines, K.I. Jacobsen, L.B. Karrer, H.M. Leslie, E. Neeley, D. Pauly, S. Polasky, B. Ris, K. St Martin, G.S. Stone, U.R. Sumaila y D. Zeller, 2012: An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*, 488, 615-620.

Hammill, A., J. Dekens, T. Leiter, J. Olivier, L. Klockemann, E. Stock y A. Gläser, 2014: *Repository of Adaptation Indicators: Real Case Examples from National Monitoring and Evaluation Systems.* IISD, GIZ.

Hemminga, M.A. y C.M. Duarte, 2000: *Seagrass Ecology.* Cambridge University Press, Cambridge, UK, 298 pp.

Hernández-Zanuy, A.C. 2014: La RED CYTED CARIbero.SOS: Acción regional para la adaptación al cambio climático en el Caribe. En: *Adaptación Basada en Ecosistemas para la gestión sostenible de los recursos marinos del Caribe: Memorias del Primer Taller de la RED CYTED CARIbero.S.O.S.* [Hernández-Zanuy, A.C. y P.M. Alcolado (eds.)]. e.Book. Instituto de Oceanología, La Habana, 93 pp., ISBN: 978-959-298-034-1.

Herrera-Silveira, J.A., A. Camacho R., E. Pech, M. Pech, J. Ramírez R. y C. Teutli H., 2016: Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana,* 34, 61-72.

Hoegh-Guldberg, O. y J.F. Bruno, 2010: The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science,* 328, 1523-1528.

Hoegh-Guldberg, O., P.J. Mumby, A.J. Hooten, R.S. Steneck, P. Greenfield, E. Gomez, C.D. Harvell, P.F. Sale, A.J. Edwards, K. Caldeira, N. Knowlton, C.M. Eakin, R. Iglesias-Prieto, N. Muthiga, R.H. Bradbury, A. Dubi y M.E. Hatziolos, 2007: Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science,* 318, 1737-1742.

Hughes, T.P., M.L. Barnes, D.R. Bellwood, J.E. Cinner, G.S. Cumming, J.B.C. Jackson, J. Kleypas, I.A. van de Leemput, J.M. Lough, T.H. Morrison, S.R. Palumbi, E.H. Van Nes y M. Scheffer, 2017: Coral reefs in the Anthropocene. *Nature,* 546, 82-90.

Hughes, T.P., J.T. Kerry, A.H. Baird, S.R. Connoly, T.J. Chase, A. Dietzel, T. Hill, A.S. Hoey, M.O. Hoogenboom, M. Jacobson, A. Kerswell, J.S. Madin, A. Mieog, A.S. Paley, M.S. Pratchett, G. Torda y R.M. Woods, 2019: Global warming impairs stock-recruitment dynamics of corals. *Nature,* 568, 387-390.

Idaskin, Y.L. y A. Bortolus, 2011: Ecological processes shaping Central Patagonian salt marsh landscapes. *Plant Ecology,* 212, 553-561.

INVEMAR, Grupo Laera, GCAP y CDKN (eds.), 2014: Adaptación al cambio climático en ciudades costeras de Colombia. Guía para la formulación de planes de adaptación. *Serie de Publicaciones Generales del INVEMAR,* n.º 65, INVEMAR, Santa Marta, Colombia, 40 pp.

IPBES, 2018: *Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services - IPBES Secretariat, Bonn, Germany.

IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. En*: Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 pp.

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. En: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. En: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama y N. Weyer (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. En prensa.

Kahng, S.E., J.M. Copus y D. Wagner, 2014: Recent advances in the ecology of mesophotic coral ecosystems (MCEs). *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 7, 72-81.

Keller, M., D. Echeverría y J.-E. Parry, 2011: *Review of Current and Planned Adaptation Action: Central America and Mexico.* International Institute for Sustainable Development. Adaptation Partnership, 143 pp., https://www.preventionweb.net/publications/view/25342

Klein, R.J.T. y R.J. Nicholls, 1999: Assessment of coastal vulnerability to climate change. *Ambio,* 28, 182-187.

Klein, R.J.T., R.J. Nicholls y N. Mimura, 1999: Coastal adaptation to climate change: Can the IPCC Technical Guidelines be applied? *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 4, 239-252.

Laffoley, D. y G. Grimsditch (eds.), 2009: *The Management of Natural Coastal Carbon Sinks.* IUCN, Gland, Switzerland, 53 pp.

Lausche, B., D. Farrier, J. Versschuuren, A.G.M. La Viña, A. Trouwborst, C.H. Born y L. Aug, 2013: *The Legal Aspects of Connectivity Conservation: A Concept Paper.* Environmental Policy and Law Paper, n.º 85, vol. 1, IUCN-ELC, Bonn, Germany, 190 pp.

Leal Filho, W., F. Modesto, G.J. Nagy, M.M. Saroar, N. Yannick Toamukum y M. Ha'apio, 2018: Fostering coastal resilience to climate change vulnerability in Bangladesh, Brazil, Cameroon, and Uruguay: a cross-country comparison. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 23, 579-602.

Levin, L.A. y N. Le Bris, 2015: The deep ocean under climate change. *Science,* 350, 766-768.

Levin, L.A., A.R. Baco, D.A. Bowden, A. Colaco, E.E. Cordes, M.R. Cunha, A.W.J. Demopoulos, J. Gobin, B.M. Grupe, J. Le, A. Metaxas, A.N. Netburn, G.W. Rouse, A.R. Thurber, V. Tunnicliffe, C.L. Van Dover, A. Vanreusel y L. Watling, 2016: Hydrothermal vents and methane seeps: Rethinking the sphere of influence. *Frontiers in Marine Science,* 3, 72, DOI: 10.3389/fmars.2016.00072

Lithgow, D., L.S. Esteves, M.L. Martínez, R Martell, G.D. Rivillas, P. Winckler, J.D. Osorio-Cano, P. Moreno-Casasola, A.F. Osorio, E. Mendoza, P. Pereira, A. Campos C., G. Castillo-Campos y R. Silva. 2017: Las zonas costeras ante el cambio climático: la infraestructura verde como estrategia para disminuir la vulnerabilidad de la costa de Latinoamérica. En: *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático*. [Botello A.V., S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas Galaviz (eds.)]. UJAT, UNAM, UAC, México, pp. 465-476.

Llatas, I., A.A.M. Sajo-Castelli, L. Araya, R. Lairet Centeno, P. Ovalles, D. Villalta y L. Bravo, 2018: Modelaje y Estadística. En: *Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela* [Villamizar A., E. Buroz Castillo, R. Lairet Centeno y J. Gómez (eds.)]. Ediciones ACFIMAN-CITECI, Caracas, 486 pp., ISBN: DC2018000406

Lopes, P. y S. Villasante, 2018: Paying the price to solve fisheries conflicts in Brazil's Marine Protected Areas. *Marine Policy,* 93, 1-8.

Luna-Rodríguez, M. y M. Pérez de Madrid-Utrilla, 2019: Understanding the Ecosystem-based Adaptation (EbA) approach in the NDCs of Mexico & Central America. *Evidence,* Series 4, n.° 1. UICN-ORMACC, San José, Costa Rica.

Macho, M., I. Naya, J. Freire, S. Villasante y J. Molares, 2013: The key role of the Barefoot Fisheries Advisors in the co-managed TURF System of Galicia (NW Spain). *Ambio,* 42, 1057-1069.

MAE, 2014: *Árboles y Arbustos de los Manglares del Ecuador.* Ministerio del Ambiente del Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Quito, 48 pp.

Magnan, A.K., M. Garschagen, J.-P. Gattuso, J.E. Hay, N. Hilmi, E. Holland, F. Isla, G. Kofinas, I.J. Losada, J. Petzold, B. Ratter, T. Schuur, T. Tabe y R. van de Wal, 2019: Cross-Chapter Box 9: Integrative Cross-Chapter Box on Low-Lying Islands and Coasts. En: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Pörtner H.-O., D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama y N.M. Weyer (eds.)]. En prensa.

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

Magris, R.A. y R.L. Pressey, 2018: Marine protected areas: Just for show? *Science*, 360, 723-724.

March, I.J., H. Cabral, Y. Echeverría, M. Bellot y J.M. Frausto (eds.), 2011: Adaptación al Cambio Climático en Áreas Protegidas del Caribe de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México. *Serie Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Protegidas de México*, n.° 1, 109 pp.

Martínez, M.L, G. Mendoza-González, R. Silva-Casarín y E. Mendoza-Baldwins, 2014: Land use changes and sea level rise may induce a «coastal squeeze» on the coasts of Veracruz, Mexico. *Global Environmental Change,* 29, 180-188.

Martínez, M.L., V. Chávez, D. Lithgow y R. Silva, 2019: Integrating biophysical components in coastal engineering practices. *Journal of Coastal Research,* Special Issue 92, 1-5, DOI: 10.2112/SI92-001.1

Mazarrasa, I., N. Marbà, C.E. Lovelock, O. Serrano, P.S. Lavery, J.W. Fourqurean, H. Kennedy, M.A. Mateo, D. Krause-Jensen, A.D.L. Steven y C.M. Duarte, 2015: Seagrass meadows as a globally significant carbonate reservoir. *Biogeosciences,* 12, 4993-5003.

Mazarrasa, I., J. Samper-Villarreal, O. Serrano, P.S. Lavery, C.E. Lovelocke, N. Marbà, C.M. Duarte y J. Cortés, 2018: Habitat characteristics provide insights of carbon storage in seagrass meadows. *Marine Pollution Bulletin,* 134, 106-117.

McFadden, L., R.J. Nicholls y E.C. Penning-Rowsell (eds.), 2007: *Managing Coastal Vulnerability.* Emerald Group Publishing Limited, Bingley, United Kingdom, 262 pp.

Mcleod, E., G.L. Chmura, S. Bouillon, R. Salm, M. Bjork, C.M. Duarte, C.E. Lovelock, W.H. Schlesinger y B.R. Silliman, 2011: A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2. *Frontiers in Ecology and the Environment,* 9, 552-560

McNeely, J.A., 2016: Protected Areas, Biodiversity, and the Risks of Climate Change. En: *Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction and Adaptation in Practice. Advances in Natural and Technological Hazards Research* [Renaud, F.G., K. Sudmeier-Rieux, M. Estrella y U. Nehren, (eds.)]. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 379-397.

Medina, E. y F. Barboza, 2006: Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. *ECOTROPICOS,* 19 (2), 128-139.

Miller, K., 1996: *En busca de un nuevo equilibrio. Lineamientos para incrementar las oportunidades de conservación de la biodiversidad a través del manejo bioregional.* World Resources Institute (WRI), Washington DC, USA, 81 pp.

Miller, R.J., K.D. Lafferty, T. Lamy, L. Kui, A. Rassweiler y D.C. Reed, 2018: Giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, increases faunal diversity through physical engineering, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences,* 285, 2017-2571.

Miloslavich, P., E. Klein, J.M. Díaz, C.E. Hernández, G. Bigatti, L. Campos, F. Artigas, J. Castillo, P.E. Penchaszadeh, P.E. Neill, A. Carranza, M.V. Retana, J.M. Díaz de Astarloa, M. Lewis, P. Yorio, M.L. Piriz, D. Rodríguez, Y. Yoneshigue-Valentin, L. Gamboa y A. Martín, 2011: Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific coasts of South America: Knowledge and gaps. *Plos One*, 6 (1): e14631, DOI: 10.1371/journal.pone.0014631

Miloslavich, P., J.M. Díaz, E. Klein, J. Alvarado, C. Díaz, J. Gobin, E. Escobar-Briones, J.J. Cruz-Motta, E. Weil, J. Cortés, A.C. Bastidas,

R. Robertson, F. Zapata, A. Martín, J. Castillo, A. Kazandjian y M. Ortiz, 2015: Marine biodiversity in the Caribbean: Regional estimates and distribution patterns. *Plos One,* 5 (8), e11916, DOI: 10.1371/journal.pone.0011916

MINAE-SINAC, 2017: *Sistematización del aprovechamiento de huevos de la tortuga lora* (Lepidochelys olivacea) *en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Ostional (1983-2015).* MAPCOBIO-ACT, Guanacaste, Costa Rica, 44 pp.

Montaño-Gómez, E.A., 2017: Reconoce Acción Nacional Mulegé trabajo de David Borbón Ramírez y familia. *La Voz de Mulegé,* Santa Rosalía, Baja California Sur, México, http://lavozdemulege.com.mx/index.php/2017/04/22/reconoce-accion-nacional-mulege-trabajo-de-david-borbon-ramirez-y-familia/

Mora-Jácome, Mora-Jácome, V., D.S. Salinas-Aleaga, A. Durán Sánchez y C.P. Maldonado-Erazo, 2018: La vinculación desde las instituciones de educación superior como apoyo al desarrollo del turismo comunitario y la conservación del manglar en la isla Costa Rica, El Oro, Ecuador. *International Journal of Professional Business Review,* 3 (2), 220-230, http://dx.doi.org/10.26668/businessreview/2018.v3i2.82

Murray, N.J., S.R. Phinn, M. DeWitt, R. Ferrari, R. Johnston, M.B. Lyons, N. Clinton, D. Thau y R.A. Fuller, 2019: The global distribution and trajectory of tidal flats. *Nature,* 565, 222-225, https://doi.org/10.1038/s41586-018-0805-8

Nagy, G.J. y O. Gutiérrez, 2018: Scenario planning toward climate adaptation: The Uruguayan coast. En:, *Climate Change Adaptation in Latin America. Managing Vulnerability, Fostering Resilience* [Leal Filho, W. y L. Esteves Freitas (eds.)]. Springer, Cham, Switzerland, pp. 457-476.

Nagy, G.J., L. Seijo, J.E. Verocai y M. Bidegain, 2014: Stakeholders climate perception and adaptation in coastal Uruguay. *International Journal of Climate Change Strategies and Management,* 6, 63-84.

Nagy, G.J., C. Cabrera, G. Coronel, M. Aparicio-Effen, I. Arana, R. Lairet y A. Villamizar, 2017: Addressing climate adaptation in education, research and practice: the CLiVIA-network. *International Journal of Climate Change Strategies and Management,* 9, 469-487, DOI: 10.1108/IJCCSM-04-2016-0056

Nagy, G.J., W. Leal Filho, U.M. Azeiteiro, J. Heimfarth, J.E. Verocai y C. Li, 2018: An assessment of the relationships between extreme weather events, health vulnerability and the impacts on Human wellbeing in Latin American countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 1802, DOI: 10.3390/ijerph15091802

Nagy, G.J., O. Gutiérrez, E. Brugnoli, J.E. Verocai, M. Gómez-Erache, A. Villamizar, I. Olivares, U.M. Azeiteiro, W. Leal Filho y N. Amaro, 2019: Climate vulnerability, impacts and adaptation in Central and South America coastal areas. *Regional Studies in Marine Science,* DOI: 10.1016/j.rsma.2019.100683

Nava-Escudero, C., 2008: *Turismo internacional de playa y cambio climático en México*. *Revista de la Facultad de Derecho de México,* LVIII, 201-231.

Naveda, J., 2015: C*ambio climático y áreas protegidas de Venezuela: posibles efectos ambientales y su contribución a la mitigación y adaptación.* Instituto Nacional de Parques, Caracas, Venezuela, Informe técnico, 64 pp.

Neumann, B., A.T. Vafeidis, J. Zimmermann y R.J. Nicholls, 2015: Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding - A global assessment. *Plos One*, 10, (3), e0118571.

Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, y A. Villamizar, 2014: Adaptation needs and options. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 833-868.

OAS, 2008. *Marcos legales para el pago por servicios ambientales en América Latina y El Caribe: Análisis de ocho países.* Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Departamento de Desarrollo Sostenible, Washington DC, 52 pp., ISBN: 978-0-8270-5256-7.

Olivo, M.L, V. Sáez-Sáez, A. Martín y A. Soto-Olivo, 2010: Vulnerabilidad al incremento del nivel del mar: usos de la tierra y valor capital en el área Cabo Codera-Laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela. *Terra Nueva Etapa,* XXVI, 99-120.

Olivo, M.L., V. Sáez-Sáez, A. Martín-Zazo y A. Soto-Olivo, 2012: Vulnerabilidad al incremento del nivel del mar: Estrategias de adaptación en el área de Cabo Codera-Laguna de Tacarigua, estado Miranda, Venezuela. *Terra,* XXVIII, 45-70.

O'Neill, B.C., M. Oppenheimer, R. Warren, S. Hallegatte, R.E. Kopp, H.O. Pörtner, R. Scholes, J. Birkmann, W. Foden, R. Licker, K.J. Mach, P. Marbaix, M.D. Mastrandrea, J. Price, K. Takahashi, J.-P. van Ypersele, G. Yohe, 2017: IPCC reasons for concern regarding climate change risks. *Nature Climate Change,* 7, 28-37, http://sci-hub.tw/10.1038/nclimate3179

Oppenheimer, M., B.C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac y Z. Sebesvari, 2019: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. En: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Pörtner H.-O., D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama y N.M. Weyer (eds.)]. En prensa.

Outeiro, L., S. Villasante y R. Sumaila, 2018: Estimating fishers net income in small-scale fisheries: Minimum wage or average wage? *Ocean and Coastal Management,* 165, 307-318.

Palter, J.B., T.L. Frölicher, D. Paynter y J.G. John, 2018: Climate, ocean circulation, and sea level changes under stabilization and overshoot pathways to 1.5K warming. *Earth System Dynamics,* 9, 817-828.

Parada, J.M., J. Molares y X. Otero, 2012: Multispecies mortality patterns of commercial bivalves in relation to estuarine salinity fluctuation. *Estuaries and Coasts,* 35, 132-142.

Peel, M.C., B.L. Finlayson y T.A. McMahon, 2007: Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences,* 11, 1633-1644, https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00305098

Pita, P., D. Fernández-Márquez, M. Antelo, G. Macho y S. Villasante, 2019: Socioecological changes in data-poor S-fisheries: A hidden shellfisheries crisis in Galicia (NW Spain). *Marine Policy,* 101, 208-224.

Polidoro, B.A., K.E. Carpenter, L. Collins, N.C. Duke, A.M. Ellison, C.J. Ellison, E.J. Farnsworth, E.S. Fernando, K. Kathiresan, N.E. Koedam, S.R. Livingstone, T. Miyagi, G.E. Moore, V.N. Nam, J.E. Ong, J.H. Primavera, S.G. Salmo, III, J.C. Sanciangco, S. Sukardjo, Y. Wang y

J.W.H. Yong, 2010: The loss of species: Mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. *PLoS ONE,* 5(4): e10095, DOI: 10.1371/journal.pone.0010095

Protect Planet, 2018: *Explore the World's Marine Protected Areas.* United Nations Environment World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC) y IUCN World Commission on Protected Areas (IUCN-WCPA), https://protectedplanet.net/marine

Retana, J., M. Calvo, N. Sanabria, J. Córdoba, K. Calderón y K. Cordero, 2017: *Análisis de riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos en Costa Rica. Casos de estudio: Liberia, Carrillo, Matina y Talamanca.* IMN, San José, Costa Rica. Sin paginar.

Ríos, C. y E. Mutshke, 2009: Aporte al conocimiento de *Macrocystis pyrifera:* Revisión bibliográfica sobre los «Huirales» distribuidos en la región de Magallanes. *Anales Instituto Patagonia,* 37, 97-102.

Roberts, C.M., B.C. O'Leary, D.J. McCauley, P.M. Cury, C.M. Duarte, J. Lubchenco, D. Pauly, A. Sáenz-Arroyo, U.R. Sumaila, R.W. Wilson, B. Worm y J.C. Castilla, 2017: Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change. *Proceedings of the National Academy of Science, USA*, 114, 6167-6175.

Rodríguez, J.J. y N.J. Windevoxhel, 1998: *Análisis regional de la situación de la zona marina costera centroamericana.* N.° ENV-121, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington DC, USA, 103 pp.

Rodríguez, J.P., F. Rojas-Suárez & D. Hernández, 2010: *Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela.* Provita, Venezuela, 324 pp.

Rodríguez-Rodríguez, G., S. Villasante y M.C. García-Negro, 2011: Are red tides affecting economically the commercialization of the Galician (NW Spain) mussel farming? *Marine Policy,* 35(2), 252-257.

Rojas Higuera, P.J. y J.D. Pabón-Caicedo, 2015: Sobre el calentamiento y la acidificación del océano mundial y su posible expresión en el medio marino costero colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales,* 39(151), 201-217, http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.135

Sala, E., J. Lubchenco, K. Grorud-Colvert, C. Novelli, C. Roberts y U.R. Sumaila, 2018: Assessing real progress towards effective ocean protection. *Marine Policy,* 91, 11-13.

Sánchez Cohen, I.U. Oswald Spring, G. Díaz Padilla, J. Cerano Paredes, M.A. Inzunza Ibarra, R. López López y J. Villanueva Díaz, 2012: Forced migration, climate change, mitigation and adaptive policies in Mexico: Some functional relationships. *International Migration,* 51(4), 54-72, doi.org/10.1111/j.1468-2435.2012.00743.x

Schmidtko, S., L. Stramma y M. Visbeck, 2017: Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature,* 542, 335-339.

Seddon, E.D., R. Davis, R. Harris, X. Hou-Jones, S. Huq, V. Kapos, G.M. Mace, A. Raza Rizvi, H. Reid, D. Roe y S. Wicander, 2018: *Global recognition that ecosystems are key tohuman resilience in a warming world.* Preprints, 2018100203, DOI: 10.20944/preprints201810.0203.v1.

Sherman, K. y H. Hamukuaya, 2016: Sustainable development of the world's Large Marine Ecosystems. *Environmental Development,* 17 (Suplemento 1), 1-6.

Sibaja-Cordero, J.A., J.S. Troncoso, J. Cortés, J. Moreira, J.A. Vargas y C. Benavides-Varela, 2016: Biodiversity and density of subtidal benthos of an oceanic tropical island (a comparison within the Pacific Ocean). *Journal of Sea Research,* 115, 47-58.

Silva, A., A. Moreno, I. Rivero, B. Santos, C. Pita, J. Garcia-Rodrigues, S. Villasante, L. Pawlowski y E. Duhamel, 2015: *Sardine Fisheries: Resource Assessment and Social and Economic Situation.* Policy Department B: Structural and Cohesion Policies European Parliament, Brussels, Belgium, 69 pp.

Spalding, M., A. McIvor, F.H. Tonneijck, S. Tol y P. van Eijk, 2014: *Mangroves for Coastal Defence. Guidelines for Coastal Managers & Policy Maker.* Wetlands International and The Nature Conservancy, 42 pp.

Sterr, H., R. Klein y S. Reese, 2000: Climate change and coastal zones: An overview of the state-of-the-art on regional and local vulnerability assessment. Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), Milano, Nota di Lavoro, 38, 1-25.

Torres-Bejarano, F. y C. Torres-Marchena, 2017: Influencia del viento, marea y aportes continentales en la dinámica de una laguna costera-estuarina. Aplicación en la Ciénaga de Mallorquín, Colombia. En: *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al Cambio Climático* [Botello, A.V., S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas Galaviz (eds.)]. UJAT, UNAM, UAC, México, 476 pp.

United Nations Ocean Conference, 2017: *Factsheet: People and Oceans,* http://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2017/05/Ocean-fact-sheet-package.pdf

Uribe-Botero, E., 2015: *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Chile, 86 pp.

US Climate Resilience Toolkit, 2018: *Glossary*, https://toolkit.climate.gov/content/glossary.

Vergara, W. (ed.), 2009: *Assessing the Potential Consequences of Climate Destabilization in Latin America. Latin America and Caribbean Region Sustainable Development.* Working Paper n.° 32, The World Bank, Latin America and the Caribbean Region, Sustainable Development Department (LCSSD), Washington DC, USA, 119 pp.

Verocai, J.E., M. Gómez-Erache, G.J. Nagy y M. Bidegain, 2015: Addressing climate extremes in coastal management: The case of the Uruguayan coast of the Rio de la Plata system. *Journal of Integrated Coastal Zone Management,* 15, 91-107.

Vides, M.P., 2008: *Adaptación costera al ascenso en el nivel del mar: Insumos al documento Segunda Comunicación Nacional de Colombia.* INVEMAR, Bogotá, Colombia, 74 pp.

Vides M.P., P.C. Sierra-Correa y L. Cortés, 2012: *Gestión costera como respuesta al ascenso del nivel del mar: Guía para administradores de la zona costera del Caribe.* Serie de Documentos Generales del INVEMAR, n.° 57. INVEMAR, Santa Marta, Colombia, 76 pp.

Villamizar, A., 2003: *Denuncia presentada ante la Defensoría del Pueblo en Materia Ambiental de la República de Venezuela sobre mortandad de manglar en el río Hueque.* Edo. Falcón, Venezuela. Informe técnico n.° del 5 de septiembre de 2003.

Villamizar, A., M.E. Gutiérrez, G.J. Nagy, R.M. Caffera y W. Leal Filho, 2016: Climate adaptation in South America with emphasis in coastal areas: the state-of-the-art and case studies from Venezuela and Uruguay. *Climate and Development,* 9, 364-382.

Villamizar, E., A. Yranzo, M. González, A.T. Herrera, J. Pérez y H. Camissotti, 2014: Diversidad y condición de salud de corales pétreos en algunos arrecifes del Parque Nacional Archipiélago Los Roques, Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica,* 34, 257-279.

Villamizar, E.Y. y F. Cervigón, 2017: Variability and sustainability of the Southern Subarea of the Caribbean Sea large marine ecosystem. *Environmental Development,* 22, 30-41.

Villasante, S., 2009: *Magnitude and Implications of the Common Fisheries Policy on Marine Social-Ecological Systems.* PhD Tesis, Universidad de Santiago de Compostela, España.

Villasante, S., G. Macho, S. Rivero-Rodríguez, J.I. de Rivero, E. Divovich, S. Harper, D. Zeller y D. Pauly, 2016: Spain (Northwest). En: *Global Atlas of Marine Fisheries: A Critical Appraisal of Catches and Ecosystem Impacts* [Pauly, D. y D. Zeller (eds.)]. Island Press, Washington DC, 397 pp.

Villasante, S., G. Macho, N. Calvo, D. Wethey, S. Woodin y E. Vázquez, 2018: Social adaptation to climate change in Galician (NW Spain) shellfisheries. *International Workshop «Interdisciplinary Approaches to the Study of Human and Mollusc Interactions: From Prehistory to Present».* French Museum of Natural History Paris (France), 31 de enero-2 de febrero de 2018.

Wahl, M. (ed.), 2009: *Marine Hard Bottom Communities: Patterns, Dynamics, Diversity, and Change.* Springer, Heidelberg, 444 pp.

Wang, G., W. Cai, B. Gan, L. Wu, A. Santoso, X. Lin, Z. Chen y M.J. McPhaden, 2017: Continued increase of extreme El Niño frequency long after 1.5 °C warming stabilization. *Nature Climate Change Letters,* 7, 568-572, DOI: 10.1038/NCLIMATE3351

Wedding, L.M, S. Reiter, E.H. Hartge, G. Guannel, H. Walecka, M. Melius, T. Robinson, S. Potter, L. Posternak, A. Lyle, S. Newkirk, G.M. Verutes, A. Guerry, M. Ruckelshaus, K. Arkema y M. Caldwell, 2016: Capítulo 20. Modeling and mapping coastal ecosystem services to support climate adaptation planning. En: *Ocean Solutions, Earth Solutions* [Wright D.J. (ed)]. Segunda edición. Esri Press, Redlands, California.

Wetlands International y Dirección de Cambio Climático, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación Argentina, 2010: *Informe del «Taller sobre Humedales Costeros y Adaptación al Cambio Climático».* Centro Nacional Patagónico (CENPAT-CONICET)/Hotel Samay Huasi, 27 y 28 de mayo de 2010.

WILDCOAST, 2016a: *Conservando los humedales de Baja California,* https://blogcostasalvaje.com/2016/08/24/conservando-los-humedales-de-baja-california/

WILDCOAST, 2016b: *Acuerdos de destino para protección de manglares: política de conservación estratégica,* https://blogcostasalvaje.com/category/manglares/

Wilson, R., 2017: Impacts of climate change on mangrove ecosystems in the coastal and marine environments of Caribbean Small Island Developing States (SIDS). *CARIBBEAN MARINE CLIMATE CHANGE REPORT CARD: Science Review,* 2017, 60-82.

Yerena, E., S. García-Rangel y V. Morón. 2018: Áreas Protegidas. En: *Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela* [Villamizar A., E. Buroz Castillo, R. Lairet Centeno y J. Gómez (eds.)]. Ediciones ACFIMAN-CITECI, Caracas, Venezuela, pp. 245-260, ISBN: DC2018000406.

5

Biodiversidad

Fabio Rubio Scarano (Brasil), Mary Therese Kalin Arroyo (Chile), Jorge Cortés (Costa Rica) y Aliny Patrícia Flauzino Pires (Brasil).

Se recomienda citar este texto como:

Scarano, F.R., M.T.K. Arroyo, J. Cortés y A.P.F. Pires, 2020: Biodiversidad. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 161-198, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo **164**

5.1. Introducción **164**

5.2. Vulnerabilidades **165**

5.3. Riesgos **168**

5.3.1. Niveles de bioma y ecosistema 168

5.3.2. Nivel de especies 170

5.3.3. Nivel genético 171

5.3.4. Riesgos directos e indirectos para los sistemas socioecológicos 172

5.4. Adaptación basada en ecosistemas: prácticas y políticas **173**

5.4.1. Conceptos 173

5.4.2. Local, global y conexiones 173

5.4.3. Opciones y medidas de adaptación 174

5.5. Interacciones entre adaptación, mitigación y desarrollo sostenible **175**

5.6. Casos de estudio **175**

5.6.1. Reverdecer las ciudades: evaluación de los servicios forestales urbanos en Barcelona 178

5.6.1.1. Contexto 178

5.6.1.2. Descripción del caso 178

5.6.1.3. Limitaciones 179

5.6.1.4. Interacciones y cobeneficios 179

5.6.1.5. Lecciones aprendidas 179

5.6.2. Monitoreo de ecosistemas centinelas: monitoreo de humedales andinos en Bolivia 179

5.6.2.1. Contexto 179

5.6.2.2. Descripción del caso 179

5.6.2.3. Limitaciones 180

5.6.2.4. Interacciones y cobeneficios 180

5.6.2.5. Lecciones identificadas 180

5.6.3. Uso del *Agave spp.* en México: resiliencia e incertidumbres 181

5.6.3.1. Contexto 181

5.6.3.2. Descripción del caso 181

5.6.3.3. Limitaciones 181

5.6.3.4. Interacciones y cobeneficios 182

5.6.3.5. Lecciones identificadas 182

5.6.4. Potencial adaptativo del sistema de conservación de la biodiversidad en Cuba 182

5.6.4.1. Contexto 182

5.6.4.2. Descripción del caso 182

5.6.4.3. Limitaciones 183

5.6.4.4. Interacciones y cobeneficios 183

5.6.4.5. Lecciones identificadas 184

5.6.5. Definición de municipios prioritarios para la adaptación basada en ecosistemas en Brasil 184

5.6.5.1. Contexto 184

5.6.5.2. Descripción del caso 184

5.6.5.3. Limitaciones 184
5.6.5.4. Interacciones y cobeneficios 184
5.6.5.5. Lecciones identificadas 185
5.6.6. Integrando la conservación y el bienestar humano para mitigar y adaptarse al cambio climático: el caso de la Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos en el sur de Chile 185
5.6.6.1. Contexto 185
5.6.6.2. Descripción del caso 185
5.6.6.3. Limitaciones 186
5.6.6.4. Interacciones y cobeneficios 186
5.6.6.5. Lecciones identificadas 186
5.6.7. Llenando las lagunas de conocimiento: colaboración científica entre países iberoamericanos 187
5.6.7.1. Contexto 187
5.6.7.2. Descripción del caso 187
5.6.7.3. Limitaciones 187
5.6.7.4. Interacciones y cobeneficios 187
5.6.7.5. Lecciones identificadas 187
5.7. Lagunas de conocimiento 189
5.8. Conclusiones 189
Preguntas frecuentes 189
Bibliografía 190

Resumen ejecutivo

En los países de Iberoamérica y en otros lugares, la biodiversidad y ecosistemas son esenciales para la estabilidad climática, pero paralelamente el cambio climático impacta directamente la biodiversidad al causar cambios de distribución o al desencadenar procesos de extinción. Iberoamérica tiene una extraordinaria biodiversidad, lo que es esencial para el flujo de servicios ecosistémicos y para la función ecosistémica. Es vital para asegurar agua y comida, para la protección de los valores culturales y la identidad, para la economía y la salud, entre otras cosas.

Algunos de los principales riesgos para la biodiversidad y los ecosistemas en los países iberoamericanos incluyen cambios en el bioma, la distribución del ecosistema y de las especies, la extinción de especies, las invasiones biológicas y el cambio genético. Dichos riesgos están presentes a lo largo de toda la región, ya sea en ecosistemas terrestres, de agua dulce o marinos, e imponen los consecuentes riesgos directos e indirectos a sustentos y al bienestar humano.

A pesar de la considerable variación subregional, los ecosistemas (tales como los de altura, costeros, de agua dulce, urbanos, amazónicos) y grupos taxonómicos y funcionales (corales, vertebrados, plantas) vulnerables al cambio climático se encuentran presentes a lo largo de la región. Los puntos calientes (*hotspots*) de biodiversidad (esto es, áreas de gran diversidad de especies que muestran alta pérdida de hábitat y altos niveles de endemismo de especies), ocho en total en la región, se encuentran dentro de los lugares más vulnerables del mundo. La cuenca mediterránea, las islas del Caribe, el Cerrado de Brasil y los Andes tropicales están entre los puntos calientes más vulnerables en el mundo.

Las soluciones basadas en la naturaleza, como la adaptación, mitigación y reducción de riesgos de desastres basada en ecosistemas, surgen como buenas oportunidades para los países iberoamericanos. El éxito depende del contexto y puede desencadenar transiciones hacia una mayor sostenibilidad, especialmente en países en desarrollo. Por ejemplo, la conservación y la restauración de ecosistemas naturales tienden a promover la sinergia entre la mitigación, adaptación y desarrollo sostenible. Sin embargo, también se han reportado contrapartidas, por ejemplo, entre valores de captura de carbono y de biodiversidad, sustentos locales y seguridad en la tenencia.

Existe un rango de opciones de políticas, innovaciones y herramientas a través de la región para enfrentar los impactos a la biodiversidad y las vulnerabilidades al cambio climático, así como también para promover el uso de la biodiversidad y de los ecosistemas para potenciar la adaptación social. Siete casos de estudio que abarcan el 50 % (11) de los países en la red iberoamericana, comprendiendo cuatro subregiones (Península Ibérica, Mesoamérica y América Central, el Caribe y América del Sur) y diversos ecosistemas (bosques pluviales, bosques secos, sabanas, bosques templados, áreas costeras, islas pequeñas, altas montañas y ecosistemas urbanos) describen muchas de estas alternativas.

5.1. Introducción

El clima y la biodiversidad están íntimamente relacionados. Por una parte, la biodiversidad y los ecosistemas son esenciales para la estabilidad climática, mientras que, por la otra, el cambio climático afecta directamente a la biodiversidad causando cambios de distribución o desencadenando procesos de extinción (IPCC, 2014). La biodiversidad es esencial para el flujo de los servicios ecosistémicos usados por las personas, siendo así vital para la seguridad del agua y alimentaria, protección de valores e identidad cultural, entre otros servicios (Mace *et ál.,* 2012; Duncan *et ál.,* 2015). Iberoamérica tiene una extraordinaria biodiversidad. En general, América alberga el 29 % de todas las especies de plantas de semillas del planeta, el 33 % de las plantas frecuentemente usadas para múltiples propósitos, el 41 % de las aves, el 35 % de los mamíferos, el 51 % de los anfibios y el 35 % de los reptiles, de los cuales la abrumadora mayoría se encuentra en Sudamérica, Mesoamérica y el Caribe (Cavender-Bares *et ál.,* 2018). Se estima que el bosque húmedo amazónico contiene alrededor del 1/10 de todas las plantas y animales (Charity *et ál.,* 2016). De acuerdo con una estimación (Myers *et ál.,* 2000), el norte de la cordillera de los Andes por sí solo alberga aproximadamente 45.000 especies de plantas, de las cuales el 44 % son endémicas. Más aún, los Andes albergan una flora de alta montaña extremadamente rica, que se encuentra a lo largo de toda Sudamérica (Arroyo y Cavieres, 2013). La Península Ibérica se ubica entre dos regiones biogeográficas (Mediterráneo y Atlántico) y tiene diversas cordilleras, una combinación que otorga a esta región una gran diversidad de hábitats y especies (Martins *et ál.,* 2014).

Existe una gran preocupación de que la biodiversidad mundial esté disminuyendo. Se estima que la extinción de especies es al menos mil veces superior a las tasas prehumanas (De Vos *et ál.,* 2015), lo que ha llevado a algunos a sostener que el planeta está atravesando su sexto periodo de extinción masiva (por ejemplo, Ceballos *et ál.,* 2015). Este proceso está siendo causado por una serie de factores, pero principalmente por cambios en el uso del suelo, contaminación, sobreexplotación, especies invasoras y cambio climático (MEA, 2005; CBD, 2014). La reciente Evaluación Global sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos de la IPBES (IPBES, 2019) estima que cerca de 1 millón de especies animales y vegetales se encuentran actualmente bajo amenaza. La disminución de especies es un tema de preocupación en los países iberoamericanos. De los 36 puntos calientes de biodiversidad con prioridades de conservación que hay en el mundo (esto es, áreas con gran diversidad de especies que muestran alta pérdida de hábitat y alto nivel de endemismo de especies), 8 se encuentran en países iberoamericanos (Mittermeier *et ál.,* 2011). Siete se encuentran en Latinoamérica y en el Caribe (Mesoamérica, islas del Caribe, Chocó-Darién-Ecuador occidental, los Andes tropicales, Chile central,

Mata Atlántica brasileña y Cerrado brasileño) y uno está en la cuenca mediterránea (incluyendo parte de la Península Ibérica). Los ecosistemas únicos y amenazados como estos puntos calientes de biodiversidad se consideran una de las cinco categorías de riesgo en el marco de las Razones de Preocupación (*Reasons for Concern* o RFC por sus siglas en inglés) del IPCC para clasificar riesgos (O'Neill *et ál.,* 2017).

Si bien el actual estado de la biodiversidad se debe al impacto directo del cambio en el uso del suelo, el cambio climático exacerba estos y otros impactos en la biodiversidad (Settele *et ál.,* 2014; IPBES, 2018c; IPCC, 2019a). Sin embargo, dicho impacto del cambio climático en la biodiversidad es mucho más difícil de predecir. Este puede aumentar o disminuir el ámbito de distribución de las especies, llevando en ambos casos a cambios sutiles en la composición de especies locales, las interacciones clave entre las especies y las funciones de ecosistemas. Al mismo tiempo, todo ello afecta a la provisión de los servicios ecosistémicos. Los reportes regionales recientes de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, 2018; b) concluyeron que el cambio climático es un factor de importancia creciente que impacta la biodiversidad, ya sea directa o indirectamente, al amplificar los efectos de otros factores tanto en América como en Europa.

Aunque existe evidencia más abundante y exhaustiva de los impactos del cambio climático en los sistemas naturales que en los sistemas humanos (IPCC, 2014), ambos sistemas están estrechamente vinculados. Así, dichos sistemas acoplados humano-naturaleza (sistemas socioecológicos de los mismos) que pierden una parte importante de sus mecanismos de soporte a la vida son particularmente vulnerables (Settele *et ál.,* 2014). Más aún, para los sistemas humanos, las personas en situación de pobreza son las más vulnerables ante los impactos climáticos (Fisher *et ál.,* 2014; Magrin *et ál.,* 2014). Una de las principales conclusiones del informe del IPCC (2014) es que aquellas prácticas que promueven el desarrollo sostenible en la actualidad —al combinar justicia social, salud ambiental y productividad económica— reducen la vulnerabilidad y los futuros riesgos impuestos por el cambio climático y son, por ello, adaptativas.

El presente capítulo aborda la adaptación al cambio climático como un paso crítico hacia el desarrollo sostenible, a pesar de las diferencias entre estos dos procesos. Las políticas de adaptación abordan la vulnerabilidad y riesgos climáticos, mientras que las políticas de desarrollo sostenible no se enfocan necesariamente en el clima, ya que su objeto es reducir la pobreza mediante el crecimiento económico, hacer frente a la desigualdad mediante la redistribución de la riqueza, y evitar la degradación ambiental mediante el uso sostenible de los recursos (Agrawal y Lemos, 2015; Kasecker *et ál.,* 2018). Sin embargo, cuando la adaptación elimina o reduce los riesgos climáticos sin afectar negativamente los sistemas humanos y naturales, se convierte en un importante apartado de la agenda de desarrollo sostenible. Del mismo modo, cuando el desarrollo es sostenible desde los puntos de vista económicos, sociales y ecológicos, se vuelve adaptativo al cambio climático (Pant *et ál.,* 2015; Juhola *et ál.,* 2016; Scarano, 2017). De esta manera, si bien este capítulo se centra en la biodiversidad, los riesgos, vulnerabilidades y procesos de adaptación involucrados serán frecuentemente tratados desde una perspectiva socioecológica.

Este capítulo examina las siguientes cuestiones: (1) riesgos clave de los impactos del cambio climático en la biodiversidad; (2) puntos de vulnerabilidad entre los grupos taxonómicos y funcionales, y entre los tipos de ecosistemas o biomas; (3) estrategias adaptativas vigentes para reducir la vulnerabilidad de la biodiversidad y evitar los riesgos del cambio climático, y (4) cómo se utilizan la biodiversidad y los ecosistemas para promover la adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en los países iberoamericanos. Presta marcada atención a las consecuencias directas e indirectas de los impactos en la biodiversidad para el bienestar humano y el sustento. El capítulo sigue la definición de riesgo del IPCC (2014), es decir, el resultado de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza, y de vulnerabilidad, es decir, la propensión o predisposición a ser afectado negativamente por el cambio climático, un componente del riesgo (ver **Capítulo 1**). La **Figura 5.1** muestra el marco conceptual de este capítulo y la lista de casos de estudio que se siguen.

5.2. Vulnerabilidades

La biodiversidad y los ecosistemas son normalmente vulnerables al cambio climático, e Iberoamérica tiene ecosistemas y grupos funcionales y taxonómicos particularmente vulnerables. Sin embargo, muy a menudo los autores abordan el tema de la vulnerabilidad desde distintas perspectivas. Puede ser intrínseca a los organismos (por ejemplo, árboles altos vulnerables a la sequía debido al fallo hidráulico; corales por un aumento de la temperatura), relacionada con las interacciones (por ejemplo, polinización, interacciones depredador-presa o enfermedades transmitidas por vectores, según se expone en la sección **5.3.4**), o relacionada con el hábitat y la zona de ocurrencia (cumbres de montañas, islas, suelos raros, etc.). La **Tabla 5.1** contiene una lista no exhaustiva de ecosistemas y especies vulnerables en Iberoamérica basada en enfoques de diferentes autores, y en el texto se examinan otros casos.

Existe un amplio consenso en que los ecosistemas con áreas de distribución geográfica restringidas y con alto endemismo se encuentran entre los sistemas más vulnerables, por lo que se los clasifica como una de las cinco Razones de Preocupación (RFC), de acuerdo con el IPCC (O'Neill *et ál.,* 2017). Los puntos calientes de biodiversidad (ocho de los cuales se encuentran presentes en países iberoamericanos, según se indica en la sección **5.1**) a menudo se ajustan a ambos criterios y son particularmente vulnerables al cambio climático, ya sea por su vulnerabilidad a la pérdida de hábitat (**Tabla 5.2**), el riesgo directo de extinción

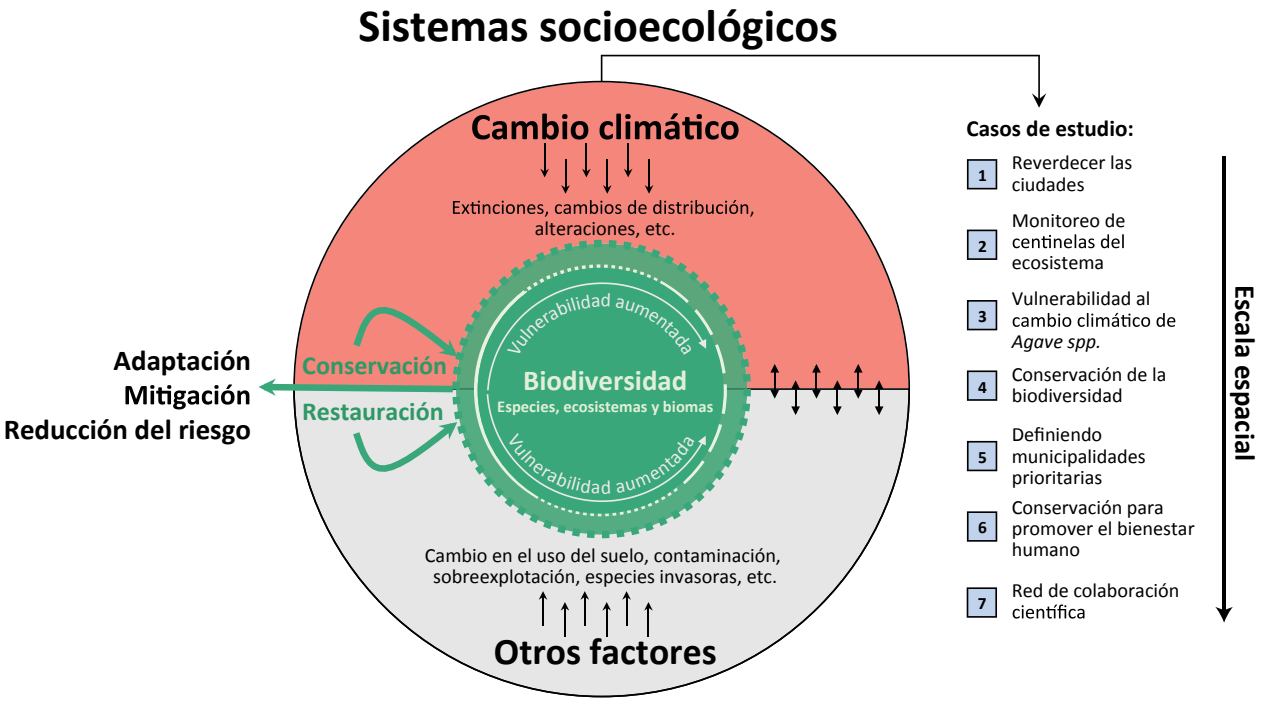


Figura 5.1. La biodiversidad está en el centro de la discusión sobre el cambio climático. Incluye especies, ecosistemas y biomas con diferentes niveles de sensibilidad, y está siendo afectada por el cambio climático y otros factores, como modificaciones en el uso del suelo, sobreexplotación, contaminación e invasión de especies. Existe una realimentación positiva entre estos otros impulsores y el cambio climático, por lo que este último puede facilitar o intensificar algunos impulsores (por ejemplo, invasión de especies), o bien puede ser fomentado por dichos impulsores (por ejemplo, cambio del uso de la tierra). El cambio climático afecta a la biodiversidad al causar la extinción de especies, transformaciones en su distribución, alteraciones en las áreas de distribución ecológica y cambios en el bioma. Por otra parte, la biodiversidad tiene un papel esencial en la detención de tales procesos. La conservación de la biodiversidad y la restauración de los ecosistemas pueden contribuir a mitigar el cambio climático, reducir los riesgos y promover la adaptación. Por consiguiente, la adaptación basada en los ecosistemas (AbE) se considera como una opción fundamental para los países que aspiran a estrategias de adaptación costo-efectivas en Iberoamérica. Utilizamos siete casos de estudio para ejemplificar esta relación dual entre biodiversidad y cambio climático. Fuente: preparado por los autores.

de especies o el indirecto debido a la entrada de especies invasoras (Béllard *et ál.,* 2014). Por ejemplo, se ha observado que las especies del Corredor Mesoamericano son particularmente vulnerables a la humectación y la desecación (Aukema *et ál.,* 2017), y se ha proyectado para el corredor una gran proporción de climas en vías de desaparición que serán reemplazados por climas nuevos (Béllard *et ál.,* 2014). También se ha expuesto que la Mata Atlántica brasileña es uno de los tres puntos calientes de biodiversidad más vulnerables al cambio climático debido a una combinación de alta exposición, intensa degradación de la tierra y amenaza de especies invasoras (Béllard *et ál.,* 2014). O'Neill *et ál.* (2017) argumentan que la cuenca mediterránea, las islas del Caribe, el Cerrado de Brasil y los Andes tropicales se encuentran dentro de los puntos calientes más vulnerables del mundo. En Chile central, donde, a diferencia de otras áreas mediterráneas, el bosque nativo está muy poco adaptado al fuego (Rundel *et ál.,* 2016), el verano excepcionalmente caluroso del año 2016 se asoció con la quema de 105.000 ha de bosque nativo y 284.000 ha de plantaciones forestales exóticas (CONAF, 2017) con efectos devastadores en algunos tipos de bosque raros.

Otros tipos de ecosistemas reportados como particularmente vulnerables al cambio climático incluyen algunos ya comprendidos en los puntos calientes de biodiversidad, como áreas de gran altura (por ejemplo, en los Andes tropicales y la mata atlántica), ecosistemas costeros (como las islas del Caribe, la cuenca mediterránea, la mata atlántica) y tierras secas (como el Cerrado, la cuenca mediterránea). Los sistemas de gran altura son vulnerables al aumento de temperatura (Laurance, 2015), los ecosistemas costeros al aumento del nivel del mar (por ejemplo, Godoy y Lacerda, 2015), y las tierras secas y zonas semiáridas a la desertificación (Oliveira *et ál.,* 2012; Seddon *et ál.,* 2016) (**Tabla 5.1**). El aumento de la temperatura en ecosistemas de gran altura en los Andes se asocia con el retroceso de los glaciares (Rabatel *et ál.,* 2013) y con cambios hidrológicos, que impactan la vegetación y la disponibilidad de agua para consumo humano y agrícola.

Tabla 5.1. Ecosistemas y especies más vulnerables al cambio climático, y principales desencadenantes de vulnerabilidad o riesgo en países iberoamericanos (adaptado de Scarano, 2019).

	Tipos	Vulnerabilidades y riesgos	Referencias
Ecosistemas	Puntos calientes de biodiversidad	Pérdida de hábitat	Béllard *et ál.* (2014), Joly *et ál.* (2014), Jantz *et ál.* (2015), Scarano y Ceotto (2015), Strassburg *et ál.* (2017)
	Semiárido	Desertificación	Oliveira *et ál.* (2012), Seddon *et ál.* (2016)
	Amazónico	Sabanización	Anadon *et ál.* (2014), Balch *et ál.* (2015), Seddon *et ál.* (2016)
	Gran altura	Aumento de temperatura que afecta a especies con sensibilidad térmica	Anderson *et ál.* (2011), Laurance (2015), Gómez *et ál.* (2015), Scarano *et ál.* (2016), Arroyo *et ál.* (1985), Cavieres *et ál.* (2019)
	Agua dulce	Compresión del hábitat y cambios de estructura	Pires *et ál.* (2016, 2018b), Marino *et ál.* (2017), Taffarello *et ál.* (2018)
	Costero y marino	Aumento en el nivel del mar y la temperatura	Godoy y Lacerda (2015), Popova *et ál.* (2016), Short *et ál.* (2016), Hughes *et ál.* (2017)
	Urbano	Olas de calor	Lucena *et ál.* (2012), Rosenzweig *et ál.* (2015)
Especies	Especies en peligro de extinción	Alta sensibilidad ecológica	Keith *et ál.* (2015), Urban (2015)
	Anfibios	Alta sensibilidad ecológica	Loyola *et ál.* (2014), Nowakowski *et ál.* (2016)
	Corales	Alta sensibilidad ecológica	Descombes *et ál.* (2015), Hughes *et ál.* (2019)
	Invertebrados	Alta sensibilidad ecológica y disminución en abundancia	Ferro *et ál.* (2014), Giannini *et ál.* (2015), Faleiro *et ál.* (2018)
	Plantas, mamíferos, pájaros	Se mueven hacia el sur en el hemisferio sur	Giannini *et ál.* (2015), Hoffmann *et ál.* (2015), Oliveira *et ál.* (2015)

Tabla 5.2. Estimaciones de pérdida de hábitat (cobertura porcentual) en los puntos calientes de biodiversidad de Iberoamérica para el 2100 comparado con tasas actuales, relativas al año 1500. El rango de proyecciones es para siete escenarios distintos de cambio climático (Imagen 2.6 RCP y GCCAM, RCP 4.5 GCAM, RCP 6.0 AIM y GCAM, Mensaje RCP 8.5 y GCAM). Las estimaciones actuales para la mata atlántica y el Cerrado se obtuvieron de Rezende *et ál.* (2018) y Strassburg *et ál.* (2017), respectivamente. El resto de las estimaciones se obtuvieron de Jantz *et ál.* (2015).

Punto caliente de biodiversidad	Estimaciones de pérdida actuales (%)	Estimaciones de pérdida en 2100 (%)
Corredor Mesoamericano	79-80	89-98
Chocó-Darién-Ecuador occidental	76-88	88-92
Andes tropicales	75-76	77-82
Chile central	57-70	70-81
Mata Atlántica brasileña	72-89	81-97
Cerrado brasileño	54-80	72-86
Cuenca mediterránea	84-95	88-97

También se reporta vulnerabilidad para otras ecorregiones, como la Amazonia y el semiárido Caatinga brasileño (**Tabla 5.1**). Seddon *et ál.* (2016) señalan que estos dos, junto con los Andes, se encuentran entre los biomas del mundo que presentan una vulnerabilidad intrínseca a las variaciones climáticas y tendrían una baja respuesta o resiliencia ante posibles cambios. En el caso de la Amazonia, la sensibilidad se relaciona con los cambios en temperatura y cobertura de nubes, en los Andes se relaciona con la temperatura y, en el caso del Caatinga, el agua es el componente crucial de la sensibilidad.

Por último, también se ha observado que las islas son vulnerables al cambio climático. En Iberoamérica, las islas de Macaronesia —que comprenden las Azores, las islas Salvajes y Madeira (Portugal) y Canarias (España), junto con el país africano independiente Cabo Verde— son particularmente vulnerables debido a altas tasas de endemismo (por ejemplo, 40 % de las angiospermas son endémicas), poblaciones de tamaño pequeño y escasa diversidad genética (Patiño *et ál.,* 2016).

A pesar de las diferencias existentes en las herramientas y técnicas para definir la vulnerabilidad de las especies (Paci-

fici *et ál.,* 2015), es un hecho bien comprobado que algunos grupos de especies son más vulnerables que otros (**Tabla 5.1**). Por ejemplo, las especies endémicas con una menor área de distribución, junto con los anfibios y los reptiles, son más vulnerables al cambio climático y podrían enfrentarse a una mayor extinción en diferentes escenarios para el 2100 (Urban, 2015; Winter *et ál.,* 2016). En los países iberoamericanos, los anfibios y los reptiles ya están en declive (Alroy, 2015) y la vulnerabilidad al cambio climático se agrava con esta amenaza (por ejemplo, Andes: Vicenzi *et ál.,* 2017; Brasil: Loyola *et ál.,* 2014; Costa Rica: Nowakowski *et ál.,* 2016; Península Ibérica: Martínez-Freiría, 2015).

Las plantas también son particularmente vulnerables al cambio climático, especialmente los árboles altos. McDowell y Allen (2015) señalan que las plantas altas con regulación estomática isohídrica, baja conductancia hidráulica y alta superficie foliar son las que tienen más probabilidades de morir por el estrés por sequía en el futuro, lo que implica que los bosques primarios altos son particularmente vulnerables al calentamiento del clima, como ya se ha discutido en este capítulo respecto a los bosques de América. Además de la posibilidad de un mundo futuro sin árboles altos, otras comunidades de plantas son también vulnerables al cambio climático. Al comparar la vulnerabilidad de plantas en cinco tipos de comunidades de humedales (tanto de agua dulce como salada: pastos marinos, plantas de agua dulce sumergidas, pantanos de agua dulce, marismas, manglares) —incluyendo ejemplos de la cuenca mediterránea, México, el Caribe y Argentina—, Short *et ál.* (2016) concluyeron que el rango y el aumento de la temperatura son críticos para las cinco comunidades de plantas y que el nivel de afectación varía según la exposición al aire frente a la exposición al agua, así como la ubicación de las poblaciones de plantas dentro de su rango de tolerancia. Las especies de plantas de gran altitud, como las de los Andes (Anderson *et ál.,* 2011; Cavieres *et ál.,* 2019), las de Sierra Nevada (España) (Gómez *et ál.,* 2015), las de los «campos de altitud» de la Mata Atlántica brasileña (Scarano *et ál.,* 2016), también son muy vulnerables al cambio climático debido a la sensibilidad a la variación de la temperatura (ver también Laurance, 2015), a la hibridación con especies de tierras bajas y a la invasibilidad.

Los cambios en la distribución y la extinción de las especies repercuten en la producción de los recursos naturales necesarios para la seguridad alimentaria, y los patrones de transmisión de enfermedades y procesos de captura de carbono se ven alterados por los cambios en la distribución de las especies. La consideración de estos efectos de redistribución de la biodiversidad es crítica pero ausente en la mayoría de las estrategias de mitigación y adaptación, incluyendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Pecl *et ál.,* 2017).

5.3. Riesgos

Los cambios climáticos generan riesgos para todos los componentes de la biodiversidad: ecosistemas, especies y genes. Más aún, el cambio climático interactúa con otros factores de riesgo —como cambios en el uso del suelo, fragmentación del hábitat, invasiones biológicas, entre otros— en formas que amplifican las amenazas a los componentes de la biodiversidad (Mantyka-Pringle *et ál.,* 2015; Pacifici *et ál.,* 2015). Al mismo tiempo, los riesgos para la biodiversidad y los ecosistemas frecuentemente implican riesgos al bienestar humano y sustento (Pecl *et ál.,* 2017). Scheffers *et al.* (2016) identificaron a nivel global un total de 94 procesos ecológicos que sustentan el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios de apoyo a las personas en ecosistemas terrestres, de agua dulce y marinos, y el 82 % de estos presentan evidencias en la literatura contrastada por expertos de los impactos del cambio climático. Concluyen que los impactos observados van más allá de los cambios ya establecidos en las áreas de distribución de las especies y de los cambios en la fenología y la dinámica de las poblaciones para incluir perturbaciones que van desde el gen hasta el ecosistema. Esta sección, si bien se centra en algunos de los riesgos ya establecidos para la biodiversidad y los ecosistemas en los países iberoamericanos y sus posibles consecuencias para los sistemas socioecológicos asociados, también abarca, de manera no exhaustiva, algunos de los riesgos menos evidentes (ver **Figura 5.2**).

5.3.1. Niveles de bioma y ecosistema

El aumento de la temperatura y el cambio en la cantidad y la estacionalidad de las precipitaciones son algunas de las principales amenazas que entrañan el riesgo de cambios en el bioma y el ecosistema (Birkmann *et ál.,* 2014). Por ejemplo, Guiot y Cramer (2016) argumentaron que solo un escenario de calentamiento de 1,5 °C permite que los ecosistemas mediterráneos permanezcan dentro del rango de variabilidad climática del Holoceno. Con un calentamiento de 2 °C o más, el cambio climático generará modificaciones en los ecosistemas terrestres que no tienen equivalente en el Holoceno. Estas proyecciones han sido recientemente confirmadas por el IPCC (2018).

Dos importantes puntos de inflexión del ecosistema mundial son la transición del bosque a la sabana y la transición a las zonas muertas costeras (Leadley *et ál.,* 2014). El riesgo de tales cambios se proyecta tanto para las zonas tropicales y subtropicales de América (por ejemplo, Anadon *et ál.,* 2014) como para el bioma mediterráneo en la Península Ibérica (por ejemplo, Vessella *et ál.,* 2017). En las Américas tropicales y subtropicales, se prevé que el cambio climático propicie un cambio geográfico significativo y un aumento de la extensión de las zonas de transición entre los biomas y los ecosistemas, incluida la extensión de la sabana, los bosques y las zonas sin árboles. Anadon *et al.,* (2014) proyectaron este patrón y plantearon que la disminución de la estabilidad del equilibrio entre estos tipos de biomas da lugar a sistemas más impredecibles. Por ejemplo, para el año 2070, según el escenario RCP 8.5 (el escenario *business-as-usual* para la emisión de gases de efecto invernadero), estos autores proyectan el empobrecimiento y la reducción de la Mata

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Extinción de las especies				
Desplazamiento de especies				
Cambios en la intensidad de las interacciones ecológicas				
Alteraciones en las tasas de los procesos ecológicos				
Desplazamiento de biomasa				
Disminución del suministro de servicios ecosistémicos				
Alteración de los sistemas socioecológicos				

Factor climático determinante:

- Aumento de la temperatura
- Aumento de la precipitación
- Disminución de la precipitación
- Temperaturas extremas
- Tormentas intensas y huracanes
- Inundación
- Sequía
- Subida del nivel del mar
- Acidificación del océano
- Cambios en la estacionalidad
- Fertilización por CO_2

Importancia. Se asignó uno de los siguientes niveles: poco importante, importante y muy importante en términos de la significación de sus impactos en los sistemas naturales o humanos, incluyendo el número de personas afectadas.

Urgencia. Se asignó uno de los tres niveles siguientes: inminente (que puede estar ocurriendo u ocurrir en cualquier momento), a medio plazo (que se espera que ocurra de aquí a mediados de siglo o cuando se exceda 1,5 °C), a largo plazo (que se espera que ocurra después de mediados de siglo o cuando se exceda de 2 °C de calentamiento).

Extensión:



Figura 5.2. Principales riesgos identificados en el ámbito de la biodiversidad. Fuente: elaboración propia.

atlántica y la Amazonia, la expansión de las sabanas (incluyendo la Caatinga semiárida brasileña, y en dirección a la Amazonia) y de la selva en la Pampa, todo ello junto con el empobrecimiento de las especies y los cambios en la distribución. De manera similar, Yu *et ál.* (2014) proyectaron futuros equivalentes utilizando el escenario RCP 8.5; Zanin *et ál.* (2017) proyectaron la contracción de los bosques, la expansión de la vegetación, abierta y el empobrecimiento general de la vegetación; y Leadley *et ál.* (2014) proyectaron un aumento de 3 °C para 2075 (IPCC, 2007; escenario A2), provocando la sabanización de los bosques tropicales en Sudamérica y al empobrecimiento del Cerrado en el centro de Brasil. Se pronostica que los cambios en la distribución de las precipitaciones provocarán variaciones en el predominio de las algas en los cuerpos de agua para finales de este siglo en el Sudeste de Brasil (Pires *et ál.,* 2017a). Además, la reducción de las lluvias puede conducir al establecimiento de macrófitos acuáticos, que pueden absorber los nutrientes disueltos o incluso restablecer todo el ecosistema al secarlo en su totalidad. En cualquier caso, puede reducir la eutrofización y puede facilitar el restablecimiento de condiciones más prístinas en el ecosistema acuático (Holmgren y Scheffer, 2001).

El bioma mediterráneo, incluyendo Portugal y España, podría sufrir una contracción general, lo que implicaría cambios y sustituciones del ecosistema y las especies (en latitud y elevación) como respuesta al cambio climático (Benito Garzon *et ál.,* 2008; Vessella *et ál.,* 2017). En un escenario *business-as-usual*, para el periodo 2080-2100, el sur de España será mucho más seco, los bosques caducifolios se desplazarán a lo largo del rango altitudinal y su lugar lo ocuparán los robles de hoja perenne. En Chile, se pronostica un cambio altitudinal ascendente en el cinturón de vegetación de alta montaña y una expansión hacia el sur del desierto absoluto y del bioma de bosque y matorral mediterráneo (Pliscoff *et ál.,* 2012). Los bosques templados también pueden verse afectados. En un escenario de cambio climático conservador, se pronostica que las especies arbóreas dominantes del género *Nothofagus* en los bosques templados chilenos perderán proporciones significativas de su área de hábitat para el año 2050 (Alarcón y Cavieres, 2015). Sin embargo, los árboles codominantes no mostraron ninguna pérdida neta de hábitat, mientras que en dos grupos funcionales de helechos el hábitat aumentó, indicando que el efecto del cambio climático en la biodiversidad probablemente dependa del contexto y de las especies. El cambio climático es también uno de los mayores impulsores de la dinámica de los incendios, aunque presenta importantes variaciones regionales y temporales (Bedia *et ál.,* 2015). En el caso del Mediterráneo, por ejemplo, hubo informes sobre el aumento de la frecuencia de los incendios y su impacto en la biodiversidad y los ecosistemas hasta el año 2007 (Regos *et ál.,* 2015), pero las pruebas recientes indican una disminución (Urbieta *et ál.,* 2015, 2019). No obstante, siguen produciéndose grandes incendios en las condiciones más severas (San Miguel-Ayanz *et ál.,* 2013). En la región (y en todo el mundo), el bosque amazónico se destaca como uno de los más sensibles al aumento de las condiciones climáticas para los incendios (Bedia *et ál.,* 2015), con el riesgo de que el fuego aumente aún más por el incremento de la frecuencia de El Niño (Esquivel-Muelbert *et ál.,* 2019). Las iniciativas de colaboración transfronteriza, como el Pacto de Leticia, firmado el 6 de septiembre de 2019 por Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Surinam y Perú, son esenciales para hacer frente a esos desafíos (Prist *et ál.,* 2019).

En los ecosistemas de agua dulce, el cambio climático puede incluso promover la extinción de los ecosistemas debido al aumento de la evaporación combinado con tasas de precipitación más bajas o inconstantes. Esto es particularmente evidente en los sistemas cerrados, pequeños y poco profundos, como los pequeños lagos, estanques y humedales (Holmgren y Scheffer, 2001; Soares *et ál.,* 2009; Kosten *et ál.,* 2012; Capon *et ál.,* 2015). Este es un riesgo significativo para los países iberoamericanos, porque algunos de ellos albergan los mayores humedales del mundo y lagos poco profundos, que son extremadamente vulnerables a los cambios en la distribución de las lluvias. Algunos estudios en la región sugieren que, por sus características, estos ambientes pueden ser considerados centinelas del cambio climático (Carpenter *et ál.,* 2007).

En los ambientes marinos, ya se han reportado los impactos del cambio climático. Por ejemplo, el IPCC (2019b) afirma con gran seguridad que el océano global se ha calentado desde 1970 y ha absorbido más del 90 % del exceso de calor en el sistema climático. Por lo tanto, el aumento de la temperatura impone grandes riesgos, junto con la acidificación de los océanos y cambios en la circulación oceánica (Descombes *et ál.,* 2015; Popova *et ál.,* 2016; Hughes *et ál.,* 2017; IPCC, 2019b). (1) Los riesgos derivados del aumento de la temperatura se han descrito tanto globalmente como para los países en la región iberoamericana. Son principalmente de tres tipos: (i) las aguas más cálidas afectan a muchas especies, especialmente a los corales (Glynn *et ál.,* 2017; Hughes *et ál.,* 2019); (ii) el aumento del nivel del mar inundará las zonas costeras bajas y habrá salinización de las aguas subterráneas (Losada *et ál.,* 2013; Custodio, 2017; Nagy *et ál.,* 2019), y (iii) desoxigenación (Schmidtko *et ál.,* 2017; Breitburg *et ál.,* 2018). (2) La acidificación está impactando directamente en los organismos calcificadores al disolver sus esqueletos o inhibir la calcificación. Indirectamente impacta en el comportamiento y el desarrollo de muchas especies (Kleypas y Yates, 2009; Gattuso y Hansson, 2011). (3) Los cambios en la circulación oceánica es otro riesgo marino importante (Palter *et ál.,* 2018) que puede afectar a la temperatura del océano Atlántico (Cai *et ál.,* 2016).

5.3.2. Nivel de especies

La extinción local de especies y los cambios de distribución asociados al clima ya son una realidad generalizada. Wiens (2016) examinó los estudios sobre los cambios en el área de distribución y la extinción local de especies y descubrió que el 47 % de las 976 especies estudiadas se habían extin-

guido localmente debido al cambio climático. Esta frecuencia de extinciones locales fue significativamente mayor en las especies tropicales que en las especies templadas (55 % frente a 39 %), en los animales que en las plantas (50 % frente a 39 %), y en los hábitats de agua dulce en relación con los hábitats terrestres y marinos (74 % frente a 46 % y frente a 51 %). América del Sur es el continente con el mayor riesgo de extinción de especies (23 %) atribuible al cambio climático. El riesgo general de extinción oscila entre el 5,2 % a 2 °C y el 15,7 % cuando las temperaturas superen los 4 °C en 2080-2100. En Europa, el riesgo de extinción es menor: 6 % (Urban, 2015). Así pues, algunas de las principales zonas vulnerables a la extinción de especies se encuentran en los países iberoamericanos, como los de Mesoamérica, el Caribe, la cuenca del Amazonas y la cuenca del Mediterráneo, que deberían contar con una alta prioridad de monitoreo (Pacifici *et ál.,* 2015).

Visconti *et ál.* (2016) propusieron que para el año 2050, en un escenario *business-as-usual* con un aumento de la temperatura superior a 2 °C (A1B, un escenario de rápido crecimiento económico; IPCC, 2007), la riqueza de especies disminuirá de forma bastante drástica, en particular los mamíferos de América del Sur y en menor medida en la Península Ibérica. En la mata atlántica de América del Sur, las especies endémicas de alta montaña en el este de Brasil, como el pájaro tachurí de espalda gris (*Polystictus superciliaris*), estarían en peligro de extinción para el 2080 (Hoffmann *et ál.,* 2015), según los escenarios A2 y B2 del IPCC de 2007. En el Cerrado, Aguiar *et ál.* (2016) predijeron que las especies de murciélagos se desplazarían hacia el sur en el escenario RCP 4.5 para 2050, cuando hay una probabilidad del 80 % de que la temperatura se eleve por encima de los 2 °C. En este tipo de escenarios futuros, ya existen evidencias de que los instrumentos habituales de conservación, como las zonas protegidas, pueden llegar a ser ineficientes para determinadas especies y ecosistemas (Ferro *et ál.,* 2014; Feeley y Silman, 2016). Las proyecciones son que el cambio climático provocará la extinción masiva de especies en varios países iberoamericanos cuando se combine con otras amenazas a la biodiversidad. En América del Sur, por ejemplo, los estudios que combinan los cambios previstos en la abundancia de especies en los ecosistemas acuáticos hasta 2050 sugieren grandes transformaciones en algunas regiones, incluida la Amazonia, con valores un 50 % inferiores al año de referencia 2000 (Janse *et al.,* 2015).

También hay efectos secundarios del cambio climático que podrían llevar a la extinción de especies locales. Carpio *et ál.* (2017) han demostrado también que en España el cambio climático puede favorecer la propagación de especies exóticas invasoras (vertebrados terrestres). La interacción entre el cambio climático y el aumento de la frecuencia de los incendios es particularmente relevante. Se ha demostrado que los incendios facilitan la entrada de especies invasoras en Chile (Pauchard *et ál.,* 2008). Las especies que aparecen en la vegetación mediterránea y del Cerrado muestran grandes diferencias en sus niveles de adaptación a los incendios (Rundel *et ál.,* 2018; Pilon *et ál.,* 2018). Con incendios recurrentes, es probable que se produzcan cambios en la composición de las especies nativas que favorezcan a las especies con mayor capacidad de brotación y floración estimulada por el fuego, y esto podría afectar a la abundancia local y a la persistencia de algunas especies. También hay evidencia de que la contaminación atmosférica y en particular la deposición de nitrógeno agravan los efectos del cambio climático en la Península Ibérica y la cuenca del Mediterráneo (Ochoa-Hueso *et ál.,* 2017).

Hay muy pocos registros de extinciones marinas debidas al cambio climático, pero en un metaanálisis global del impacto del cambio climático en los organismos marinos, que incluye 3 estudios en América Latina y 18 en la Península Ibérica, alrededor del 85 % mostró cambios en la distribución, fenología, composición de la comunidad, abundancia, demografía y calcificación (Poloczanska *et ál.,* 2013). También se vio que las proporciones de los cambios en la distribución de las especies y la fenología son comparables o mayores que las de los sistemas terrestres. Pinsky *et ál.* (2019) indican que los ectotermos marinos son más vulnerables al calentamiento que los animales terrestres.

Por último, la pérdida de especies y la pérdida de interacciones interespecíficas están disociadas, de manera que las interacciones ecológicas se pierden a menudo a un mayor ritmo. Esto implica que la pérdida de interacciones ecológicas puede ocurrir mucho antes de la desaparición de las especies, afectando a la funcionalidad de las especies y a los servicios ecosistémicos a un ritmo más rápido que la extinción de las especies (Valiente-Banuet *et ál.,* 2015). Estos autores muestran varios ejemplos de todo el mundo, incluyendo el Amazonas y España, como evidencia de este patrón. Se comprobó que la actividad de los insectos polinizadores era muy sensible a la temperatura en las zonas altas de los Andes y que disminuye por encima de ciertos umbrales de temperatura alta y baja (Arroyo *et ál.,* 1985; 2017). Como los insectos vágiles probablemente detecten la temperatura más rápidamente que las plantas con el cambio climático, es probable que se produzcan pérdidas significativas en el desempeño de las plantas, aunque la información necesaria para poner a prueba esta predicción sigue siendo escasa debido a las dificultades para estudiar esas interacciones. Gordo y Sanz (2005) descubrieron que la respuesta estacional de las plantas y los polinizadores al aumento de las temperaturas en la Península Ibérica era diferente, indicando un potencial desajuste en las interacciones. Los estudios experimentales que simulan los cambios en las precipitaciones pronosticados para finales de este siglo en el Sudeste de Brasil demostraron que los cambios en la configuración del hábitat pueden comprometer la interacción entre las especies y perturbar importantes interacciones tróficas en los ecosistemas tropicales de agua dulce (Pires *et ál.,* 2016; 2018b).

5.3.3. Nivel genético

Aunque todavía hay muchas brechas asociadas a este tema (Miraldo *et ál.,* 2016), hay suficientes pruebas que indican

que existen riesgos de cambio climático que afectan al componente genético de la biodiversidad (Oliver y Morecroft, 2014; Scheffers *et ál.,* 2016). Por otra parte, también hay cada vez más pruebas de que las especies están experimentando una adaptación evolutiva al cambio climático causado por el hombre (Scheffers *et ál.,* 2016). La variabilidad y la diversidad genética suelen conferir a las especies y a los ecosistemas una mayor resiliencia al cambio climático (Oliver *et ál.,* 2015; Miraldo *et ál.,* 2016). Sin embargo, se ha señalado que a menudo es difícil calificar las respuestas como «positivas» o «negativas», porque pueden variar según el nivel de organización biológica. Por ejemplo, Scheffers *et ál.* (2016) plantean la hipótesis de que la adaptación genética al cambio climático (positiva) puede reducir la variación genética y la capacidad de las especies para hacer frente a otros factores estresantes (negativa).

El conocimiento de la distribución global y regional de la diversidad genética es clave para el diseño y la planificación de políticas. Miraldo *et ál.* (2016) descubrieron que la diversidad genética de los mamíferos y anfibios es un 27 % mayor en las zonas tropicales que en las no tropicales, y que los hábitats afectados por el hombre contienen menos diversidad genética que los hábitats silvestres. Las elevadas tasas actuales de extinción local de vertebrados en los trópicos, incluyendo América Latina (Wiens, 2016), son motivo de preocupación también con respecto a la diversidad genética.

En la Península Ibérica, Gómez *et ál.* (2015) señalan un efecto secundario del cambio climático causado por el hombre en Sierra Nevada, España, con el 25 % de la flora endémica ya hibridando con congéneres de menor altitud en esas montañas. Algunas de estas especies ya están amenazadas debido a la saturación genética. En el otro extremo de este espectro, los refugios de las profundidades marinas parecen permitir la persistencia de distintas reservas genéticas durante los periodos climáticos extremos, aumentando la diversidad a largo plazo. Assis *et ál.* (2016) indican que la *Saccorhiza polyschides*, un alga parda de gran tamaño estructuradora del hábitat marino, en Portugal y en otros lugares, conserva algunas de las mayores reservas de diversidad genética de la distribución de la especie en las zonas de aguas profundas. En otras condiciones extremas, como en algunos hábitats terrestres, existen pruebas contrastadas que sugieren diferencias específicas o contextuales de las especies. Torres *et ál.* (2018) observaron que, en España, incendios seguidos de una sequía extrema no actúan como filtro genético para una especie de planta mediterránea, mientras que Jump *et ál.* (2008) constataron una rápida adaptación para otra especie.

5.3.4. Riesgos directos e indirectos para los sistemas socioecológicos

Se ha señalado que los cambios del bioma o del ecosistema y los cambios o la extinción de especies impulsados por el cambio climático tienen repercusiones no solo en el funcionamiento de los ecosistemas, sino también en los componentes sociales y económicos de los sistemas socioecológicos y en la propia dinámica del cambio climático (Pecl *et ál.,* 2017). Por ejemplo, hay proyecciones de que el cambio climático provocará una disminución de las especies polinizadoras y, por lo tanto, afectará negativamente a la producción de cultivos. En general, el cambio climático y la fragmentación del hábitat pueden dar lugar a comunidades planta-polinizador cada vez más pobres en especies, dominadas por especies generalistas de hábitats muy amplios (Potts *et ál.,* 2016). Giannini *et ál.* (2015) proyectaron para 2030, en un escenario A1B, que un cambio en la distribución de la *Meliponina quadrifasciata* —una abeja sin aguijón, nativa de la mata atlántica y polinizadora clave de especies nativas y plantas de cultivo— resultaría en un déficit de polinizadores de café en los estados del Sudeste de Brasil y en impactos económicos derivados en la economía. Se han encontrado desafíos similares con la disminución de polinizadores para las abejas polinizadoras del tomate, también en Brasil, para 2100 en ambos escenarios RCP 2.6 y 8.5, que también proyecta impactos económicos (Elias *et ál.,* 2017). Asimismo, se proyectan problemas de polinización con especies nativas que afectan a la agricultura local para la puna altoandina (Rolando *et ál.,* 2017) y el sur de España (Tzilivalis *et ál.,* 2015).

También existen proyecciones sobre la disminución de especies importantes para las dietas y sustentos locales y tradicionales, como es el caso de 16 especies de plantas comestibles en el Cerrado brasileño. Oliveira *et ál.* (2015) proyectaron para el año 2080 (RCP 8.5, cuando hay un 75 % de posibilidades de que las temperaturas superen los 4,5 °C en el territorio brasileño) la extinción de varias de la mayoría de estas especies y un cambio en la distribución de algunas de ellas hacia el sur, en dirección a lo que hoy es la mata atlántica. En Portugal, la producción de vino, que es una tradición importante, también estará sujeta a grandes cambios en su productividad y distribución, especialmente bajo el escenario RCP 8.5 para el año 2070 (Fraga *et ál.,* 2017), mientras que en España existen riesgos de que los efectos del cambio climático en la producción de vino puedan tener repercusiones sociales en la seguridad del empleo (Fatori *et ál.,* 2017). Por otra parte, hay informes sobre la alta resistencia a las adversidades climáticas en los elementos nativos iberoamericanos de agrobiodiversidad, como la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en países andinos como Perú y Bolivia (Ruiz *et ál.,* 2014), y el agave (*Agave spp.*) en México (Stewart, 2015).

Es probable que los temas de salud humana relacionados con la biodiversidad también se vean afectados por el cambio climático. Por ejemplo, el cambio climático puede facilitar la propagación de muchos agentes infecciosos, dando lugar a enfermedades zoonóticas, enfermedades transmitidas por garrapatas, enfermedades transmitidas por mosquitos como la malaria, enfermedades transmitidas por el aire, entre otras, y hay evidencias de que el riesgo es cada vez mayor en los países iberoamericanos (Estrada-Peña *et ál.,* 2014; Dantas-Torres, 2015; Hamaoui-Laquel *et ál.,* 2015;

Pecl *et ál.,* 2017). En los ecosistemas acuáticos, el aumento de la temperatura y el incremento de la concentración de nutrientes en los cuerpos de agua debido a la disminución de las precipitaciones pueden comprometer la calidad del agua y afectar a la prestación de varios servicios de los ecosistemas (Feuchtmayr *et ál.,* 2009; Woodward *et ál.,* 2010), incluido el incremento de las floraciones algales en la región iberoamericana (Janse *et ál.,* 2015). Además, la gama de beneficios psicológicos, cognitivos, recreativos y culturales que los seres humanos obtienen de la naturaleza también están en peligro cuando la biodiversidad disminuye debido al cambio climático (Sandifer *et ál.,* 2015).

5.4. Adaptación basada en ecosistemas: prácticas y políticas

5.4.1. Conceptos

Si bien la biodiversidad y los servicios del ecosistema son vulnerables al cambio climático, también constituyen la estructura principal de las estrategias para mejorar la capacidad de adaptación de los sistemas socioecológicos (Scarano, 2017). En conjunto, «las acciones para proteger, gestionar de forma sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que abordan los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios para la biodiversidad», se conocen como «soluciones basadas en la naturaleza» o *nature-based solutions* (NbS por sus siglas en inglés; Cohen-Shachan *et ál.,* 2016, 2019). Esta terminología incluye los enfoques basados en los ecosistemas para promover la adaptación al cambio climático y reducir el riesgo de desastres (IPCC, 2014; Ojea, 2015; Triyanti y Chu, 2018; IPBES, 2019). En los países iberoamericanos, tanto la adaptación al cambio climático basada en ecosistemas (AbE) como la reducción de riesgo de desastres basada en ecosistemas (Eco-DRR por sus siglas en inglés) pasaron a formar parte de la agenda científica y política en los últimos años (Magrin *et ál.,* 2014; McBreen, 2016; Faivre *et ál.,* 2017; McVittie *et ál.,* 2017).

La AbE y la Eco-DRR tienen en común el hecho de que ambas recurren al enfoque por ecosistemas, en los que la biodiversidad suele ser un elemento clave. También son similares en el sentido de que las estrategias y herramientas para implementarlas dependen en gran medida del entorno local, ya sea urbano, rural, costero o en medio de zonas silvestres poco pobladas (Scarano, 2017). Sin embargo, la AbE y la Eco-DRR también presentan algunas diferencias relevantes que limitan el intercambio entre ellas. Funcionan en distintos ámbitos de políticas (respectivamente, adaptación al cambio climático frente a reducción de riesgo de desastres), abordan diferentes tipos de amenazas (climáticas frente a múltiples), y funcionan en diferentes periodos de tiempo (largo plazo frente a respuesta, recuperación y reconstrucción) (Doswald y Estrella, 2015). Además, en el caso de la AbE, esas medidas también deberían mitigar las emisiones de carbono (Locatelli *et ál.,* 2011; Scarano, 2017), lo que no se espera de la Eco-DRR.

Por lo tanto, no todas las NbS abordan la adaptación al cambio climático. Solo un subconjunto lo hace, concretamente la AbE. Esta distinción va más allá de la mera semántica. Las prácticas comunes para la conservación de la biodiversidad, como la creación de zonas protegidas o la restauración de ecosistemas, en esencia, pueden o no ser NbS si por definición no «proporcionan bienestar humano» en el contexto en que se aplican. Asimismo, puede que no sean adaptativas al cambio climático cuando no reduzcan la vulnerabilidad de la sociedad al cambio climático. Esto sugiere que pueden obtenerse beneficios adicionales si se diseñan prácticas de conservación de la diversidad biológica centradas en el medio ambiente también con el propósito de mejorar el bienestar humano, reducir la vulnerabilidad al cambio climático o reducir el riesgo de desastres. Tàbara *et ál.* (2018) analizan las capacidades institucionales y de gobernanza en la Península Ibérica para abordar la transición hacia la sostenibilidad y afirman que, a pesar de un conjunto diverso de innovaciones, todavía existe una brecha en los enfoques basados en los ecosistemas. Newsham *et ál.* (2018) sostienen que sigue habiendo una falta de evidencia sobre su eficacia. Se ocupan de estudios de casos en México y constatan que, a pequeña escala, los enfoques de la AbE aportaron importantes contribuciones y se redujeron sustancialmente en los sitios más poblados. Estos autores llegan a la conclusión de que se deben examinar más a fondo las contrapartidas en los intentos anteriores de integrar la conservación y el desarrollo.

5.4.2. Local, global y conexiones

La adaptación requiere capacidad para asignar y combinar diferentes tipos de recursos para un futuro incierto en un lugar determinado (Lemos *et ál.,* 2016). Por lo tanto, la literatura científica sobre la AbE sigue estando dividida en cierto modo entre el enfoque global y el local, y a nivel local se divide de acuerdo con el entorno. Munroe *et ál.* (2011) examinaron 132 documentos sobre la AbE y descubrieron que casi la mitad (45 %) procedían de países en desarrollo. También encontraron un predominio de artículos enfocados en zonas urbanas o rurales, humedales, bosques y ecosistemas costeros. Sin embargo, una revisión reciente sobre la AbE urbana abarcó 110 trabajos en 112 ciudades y hubo un fuerte sesgo a favor de Europa y América del Norte, mientras en los países iberoamericanos esos estudios siguen siendo escasos (Brink *et ál.,* 2016). La vegetación costera, incluidos los manglares, tanto en los países continentales como en los pequeños países insulares, ha sido señalada como importante para la AbE (Mercer *et ál.,* 2012; Duarte *et ál.,* 2013; Martin y Watson, 2016), aunque aún no se ha realizado un esfuerzo de evaluación exhaustivo e integrado (pero ver Sierra-Correa y Kintz, 2015). En la región, la costa uruguaya del estuario del río de la Plata es un caso interesante de recuperación del ecosistema costero mediante la revegeta-

ción con especies nativas, regeneración de dunas, sistema de drenaje sostenible y la reducción de las presiones de uso (Carro *et ál.,* 2018). Todo esto se ha logrado mediante procesos participativos en los que intervienen múltiples actores y también mediante el desarrollo de capacidades de los administradores. En las zonas rurales, para los pequeños agricultores —especialmente según estudios realizados en Mesoamérica (Vignola *et ál.,* 2015)— las prácticas de la AbE pueden mejorar la capacidad de los cultivos y el ganado para mantener el rendimiento de los cultivos y/o amortiguar los impactos biofísicos de los eventos climáticos extremos o el aumento de las temperaturas bajo el cambio climático.

Distintas localidades suelen tener teleconexiones con otras localidades con perfiles similares o diferentes, que pueden ser más (por ejemplo, carreteras, energía, etc.) o menos (por ejemplo, comercio, telecomunicaciones, etc.) visibles, y añaden más complejidad a la estrategia y el proceso de adaptación. Así, una megaurbe puede depender del agua que corre superficialmente en los ríos que atraviesan los municipios rurales vecinos, y esta agua, a su vez, puede brotar en la cima de una montaña fría deshabitada vulnerable al cambio climático (por ejemplo, la conservación de los páramos para el abastecimiento de agua a Bogotá (Colombia) (Krchnak y Barrera, 2013). Esta conectividad demuestra que la sostenibilidad local depende de la sostenibilidad a una escala espacial más amplia (Morton *et ál.,* 2014). Existe una gran brecha en este tipo de estudios, pero los recientes avances en las herramientas analíticas ponen de manifiesto el gran potencial de esta línea de investigación para la interfaz ciencia-política (Liu *et ál.,* 2015; 2016). Del mismo modo, los estudios centrados en la comprensión del potencial de adaptación en relación con las cuestiones relativas al agua (suministro, sequía o inundaciones) deberían considerarse a menudo a escala de cuenca, ya que pueden ser insensibles a las acciones locales, puesto que existe una fuerte dependencia de las regiones río arriba (Pires *et ál.,* 2017b; Azevedo-Santos *et ál.,* 2019).

Al igual que en el caso de la ciencia, las políticas van desde los enfoques globales a los locales, como los acuerdos globales (por ejemplo, las convenciones de Naciones Unidas), los planes nacionales de adaptación, las estrategias municipales de la AbE y los acuerdos de gobernanza local en territorios más pequeños. Un desafío clave es que los acuerdos globales no siempre se traducen de manera inmediata o fácil en políticas nacionales y subnacionales, mientras que las soluciones locales de la AbE no siempre se amplían más allá de un municipio o una comunidad determinada. Desde una perspectiva global, Ojea (2015) sostiene que, a pesar del reciente entusiasmo por la AbE, todavía existen barreras para su integración en la política climática internacional relacionadas con la gobernanza, la eficacia, la escala temporal de los procesos, el financiamiento y la incertidumbre científica. A nivel subnacional, el uso de los ecosistemas para ayudar a las personas a adaptarse al cambio climático se ve limitado en parte por la falta de información sobre los lugares en los que los ecosistemas tienen el mayor potencial para hacerlo, lo que probablemente puede superarse mediante esfuerzos de priorización espacial (Bourne *et ál.,* 2016). Sin embargo, los enfoques de adaptación al cambio climático basados en los ecosistemas no suelen estar sistematizados ni identificados como tales en la mayoría de los lugares (Munroe *et ál.,* 2011).

5.4.3. Opciones y medidas de adaptación

Como se indica en esta sección, el uso de la biodiversidad y los ecosistemas para promover la adaptación social al cambio climático es tal vez la opción más rentable (*cost-effective*) para una región tan abundante en riqueza natural como Iberoamérica. Sin embargo, dados la vulnerabilidad y los riesgos a los que están expuestos la biodiversidad y los ecosistemas en la región, también es de suma importancia que se adopten medidas para reducir esas amenazas. Medidas como la creación de áreas protegidas, otras actuaciones eficaces de conservación, corredores de biodiversidad, pagos por servicios ecosistémicos y restauración ecológica pueden tener un valor de adaptación para la biodiversidad y los ecosistemas frente al cambio climático. Además, en los espacios urbanos también hay muchas medidas de adaptación basadas en ecosistemas, como techos y paredes verdes, arborización de las calles y parques urbanos, entre las más comunes. Sin ir más lejos, el IPCC (por ejemplo, Magrin *et ál.,* 2014) y la IPBES (por ejemplo, Scarano *et ál.,* 2018) proporcionan una serie de ejemplos para América Latina y el Caribe (ALC), aparte de los diversos ejemplos que abarcan nuestros casos de estudio para ALC y también para la Península Ibérica (sección **5.6**).

Para que las medidas de adaptación sean adoptadas por los gobiernos, las empresas, la sociedad civil organizada o las comunidades locales, con frecuencia se necesita financiamiento. Oliver *et ál.* (2018) resaltaron la gran brecha entre el financiamiento de la adaptación a nivel global y la necesidad de una mayor inversión en la adaptación al cambio climático y resiliencia tanto en el sector público como en el privado. Estos autores mostraron que en el 2015 y el 2016 se invirtieron globalmente 22.000 millones de dólares para la adaptación cada año y que el 23 % de dicha suma se invirtió en componentes relacionados de alguna manera (pero no exclusivamente) con la biodiversidad, como la agricultura, la silvicultura, el uso de la tierra y los recursos naturales. En América Latina, Watson y Schalatek (2019) han demostrado que las medidas de mitigación reciben de los fondos multilaterales para el clima al menos seis veces más financiación que la adaptación.

Los Planes Nacionales de Adaptación (PNA) son instrumentos clave en los que se organizan y despliegan las políticas y acciones de adaptación. Sin embargo, solo siete países de América Latina y el Caribe tienen sus PNA listos y publicados en el PNA Central de la CMNUCC (UNFCCC, 2019): Brasil, Chile y Colombia de América del Sur; Guatemala de América Central, y Granada, Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas del Caribe. Portugal y España también tienen PNA (Climate-ADAPT, 2019). La mayoría de estos países mencionan la adaptación basada en los ecosistemas en sus planes.

5.5. Interacciones entre adaptación, mitigación y desarrollo sostenible

El Acuerdo de París de la CMNUCC ha provocado un importante avance al reconocer la importancia de los enfoques conjuntos de mitigación y adaptación para reducir los riesgos del cambio climático y compartir objetivos comunes a largo plazo, como los que se refieren a los beneficios no relacionados con el carbono de reducir la deforestación y la degradación de la tierra y los bosques (Ingalls y Dwyer, 2016). Sin embargo, muchas veces la mitigación y la adaptación se siguen considerando por separado tanto en la política como en la ciencia (Harvey *et ál.,* 2014; Berry *et ál.,* 2015). Es más, el desarrollo sostenible puede ser a la vez causa y consecuencia de la mitigación y adaptación al cambio climático, pero solo de manera excepcional se examinan de forma integrada los vínculos entre esos procesos (por ejemplo, Agrawal y Lemos, 2015; Scarano, 2017). La conservación y la restauración de los ecosistemas naturales, y en particular de los bosques, son propensas a integrar la mitigación, la adaptación y el desarrollo sostenible (por ejemplo, Locatelli *et ál.,* 2011; Thornton y Comberti, 2017). No obstante, también se han notificado contrapartidas, por ejemplo, entre la captura de carbono y los valores de la biodiversidad, los medios de vida locales y la seguridad de la ocupación, en circunstancias muy excepcionales o en caso de mala gobernanza (por ejemplo, Ingalls y Dwyer, 2016).

Locatelli *et al.* (2015) describen tres procesos en los que se puede producir una sinergia de mitigación y adaptación. Describen al primero como un «resultado conjunto», que se refiere a aquellas actividades emprendidas sin objetivos climáticos que producen resultados conjuntos de adaptación y mitigación. Por ejemplo, las tierras indígenas están diseñadas para los derechos humanos y de la tierra y para la preservación cultural, siendo reconocidas como instrumentos importantes para la mitigación del carbono y la adaptación al cambio climático, especialmente en el Amazonas (Walker *et ál.,* 2014; Nogueira *et ál.,* 2018). El segundo se denomina «efectos secundarios no intencionados», mediante el cual las actividades dirigidas a un objetivo climático, ya sea de mitigación o de adaptación, pueden producir resultados para el otro objetivo. Por ejemplo, las acciones dirigidas a la reducción del riesgo de desastres y al cambio climático basadas en los ecosistemas pueden tener frecuentemente un efecto de mitigación de las reservas o la captura de carbono; por ejemplo, en los casos de conservación o restauración de manglares y dunas de arena para evitar la erosión costera o de bosques de ladera para evitar los deslizamientos de tierra (Renaud *et ál.,* 2016). Finalmente, el tercero es el de «objetivos conjuntos» y se refiere a la asociación entre los objetivos de adaptación y mitigación en una actividad relacionada con el clima. Actividades como la restauración del ecosistema, el pago por servicios ecosistémicos y la agricultura climáticamente inteligente, entre otras, se diseñan cada vez más para lograr ambos objetivos, lo que a menudo resulta en un desarrollo sostenible (por ejemplo, Harvey *et ál.,* 2014; Kasecker *et ál.,* 2018).

El potencial de sinergia entre la mitigación y la adaptación ha sido estimado por Duguma *et ál.* (2014), basándose en la presencia o ausencia de cuatro condiciones propicias para la integración, es decir, políticas y estrategias, programas y proyectos, arreglos institucionales y mecanismos de financiamiento. El estudio se enfocó en las economías emergentes y encontró que, en nuestra región de estudio, México (con una puntuación de 8) tiene las condiciones más favorables para la sinergia entre la mitigación y la adaptación, seguido por Brasil (7), Ecuador (5) y Chile (4). En todos estos países, los ecosistemas son una pieza clave en el potencial de sinergia. La **Figura 5.3** resume las interacciones entre las medidas de adaptación, mitigación, los ODS y el Marco de Sendai.

5.6. Casos de estudio

La reciente Evaluación Mundial de la Biodiversidad y los Servicios de los Ecosistemas de la IPBES (IPBES, 2019) plantean que «la gobernanza, incluidas las instituciones consuetudinarias y los sistemas de gestión y los regímenes de coadministración en los que participan los pueblos indígenas y las comunidades locales, puede ser una forma eficaz de salvaguardar la naturaleza y sus contribuciones a las personas, incorporando sistemas de gestión adaptados a las necesidades y conocimientos indígenas y locales». A continuación, presentamos una serie de casos de estudio que ilustran estos principios.

Los criterios para seleccionar los casos de estudio en este capítulo fueron: 1) abarcar casos en todos los niveles geopolíticos, desde el regional (Iberoamérica), pasando por el nacional (Brasil y Cuba), hasta el urbano (Barcelona, España); 2) abarcar casos desde el nivel de ecosistema (humedales de gran altitud en los Andes bolivianos; bosques subantárticos y turberas en Chile) hasta el nivel de las especies relevantes (*Agave spp.* en México); 3) abordar las aplicaciones de los métodos e instrumentos (priorización municipal para acciones de AbE en Brasil; modelo i-Tree Eco para la cubierta vegetal de la ciudad de Barcelona; monitoreo de ecosistema centinela en los Andes), y (4) abordar los esfuerzos que se ocupan de los riesgos (por ejemplo, Cuba y los Andes), la vulnerabilidad (por ejemplo, México) y/o la adaptación (por ejemplo, Brasil y Barcelona), y también la estrategia de investigación para plantear estos temas (por ejemplo, el caso de la Red Iberoamericana de Investigación).

Como resultado, los siete casos seleccionados abordan cuatro subregiones de Iberoamérica (Península Ibérica, Mesoamérica y Centroamérica, Caribe y Sudamérica), se mencionan diversos ecosistemas (bosques húmedos, bosques secos, sabanas, bosques templados, zonas costeras, pequeñas islas, alta montaña y ecosistemas urbanos), y se han citado 11 de los 22 países de la red (**Figura 5.4**).

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Restauración de zonas degradadas	●	●	●	●	●	●	●		3 4
Protección de los humedales	·	●	●	·	●	·	●		3 4
Conservación de áreas nativas	●	●	●	●	●	●	●		3 4
Estructuras de tejados verdes	●	·	·	·	●	·	●		3 4
Proyectos de parques verdes	●	●	●	·	●	·	●		3 4
Almacenamiento de agua mediante estructuras naturales	·	·	●	●	●	·	●		3 4
Reforzar las iniciativas de las redes	·	●	●	●	●	·	●		1 2
Agroecosistemas	●	●	●	●	●	●	●		3 4

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones, o con un punto gris (·) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo). Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

[3] Prioridades del Marco Sendai: 1 comprensión del riesgo de desastres; 2 fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; 3 invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; 4 mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Figura 5.3. Interacciones en el ámbito de la biodiversidad entre las acciones de adaptación y otras áreas de desarrollo. Fuente: elaboración propia.

Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Ciudades más verdes	España		CO_2	Local	A, verde	Supranacional, nacional, subnacional, local
Vigilancia de los centinelas ecosistémicos	Bolivia		Aumento de la precipitación, Disminución de la precipitación	Nacional	A	Supranacional, nacional, subnacional, local
Vulnerabilidad de *Agave spp.*	México		Aumento de la temperatura	Nacional	A	Supranacional, nacional, subnacional, local
Conservación de la biodiversidad	Países del Caribe		Múltiples	Nacional	P	Supranacional, nacional, subnacional
Definición de los municipios prioritarios	Brasil		Múltiples	Nacional	P, verde	Supranacional, nacional, subnacional
Conservación en pos de la promoción del bienestar humano	Chile		Aumento de la temperatura	Subnacional	P, verde	Supranacional, nacional, subnacional
Redes de colaboración científica	Países RIOCC y otros		Múltiples	Supranacional	P	Supranacional, nacional

Factor climático determinante:

- Aumento de la temperatura
- Aumento de la precipitación
- Disminución de la precipitación
- Temperaturas extremas
- Tormentas intensas y huracanes
- Inundación
- Sequía
- Subida del nivel del mar
- Acidificación del océano
- Cambios en la estacionalidad
- Fertilización por CO_2

Regiones:



Tipos de adaptación:

- P: planificada, esto es, si es el resultado de decisiones políticas deliberadas;
- A: autónoma, esto es, si se realiza normalmente por individuos, comunidades o entes privados;
- dura (mediante infraestructuras o aplicaciones tecnológicas);
- blanda (acciones políticas, sociales, formativas, etc.);
- verde (acciones basadas en los ecosistemas).

Figura 5.4. Caracterización de los casos de estudio (biodiversidad). Fuente: elaboración propia.

5.6.1. Reverdecer las ciudades: evaluación de los servicios forestales urbanos en Barcelona

5.6.1.1. Contexto

La biodiversidad es un componente importante de la infraestructura verde urbana. Diversos tipos de espacios verdes urbanos, o «naturaleza urbana», mejoran la habitabilidad de las ciudades al sustentar una serie de servicios y beneficios de los ecosistemas para la salud física, el bienestar psicológico y la cohesión social (Botzat *et ál.,* 2016). El uso de la biodiversidad para promover el reverdecimiento de las ciudades es una «solución basada en la naturaleza» que también puede fomentar la mitigación y adaptación al clima y cada vez más se considera como una gran opción de inversión para la planificación urbana sostenible (Kabisch *et ál.,* 2016). Además, con la creciente urbanización en todo el mundo, las ciudades se convertirán en el principal lugar de encuentro entre las personas y la naturaleza. Sin embargo, desde el punto de vista de la adaptación, la biodiversidad todavía no se usa con frecuencia como una opción. Efectivamente, en muchas grandes ciudades existe una ausencia de jardines botánicos asentados, tanto para la conservación como para la educación ambiental, como por ejemplo, en Santiago de Chile, con más de 6 millones de habitantes. Butt *et ál.* (2018) analizaron 80 planes de adaptación de ciudades (incluyendo Barcelona, Madrid, Quito y Santiago) y solo el 18 % de ellos contenían objetivos específicos para promover la biodiversidad. Barcelona es una de las ciudades iberoamericanas que tienen componentes de mitigación y adaptación basados en los ecosistemas en su plan de adaptación (Geneletti y Zardo, 2016). En este caso de estudio se identificaron los servicios de regulación que prestan los bosques urbanos y se evaluó su contribución al cumplimiento de los objetivos de política de calidad del aire y mitigación del cambio climático en el municipio de Barcelona (Baró *et ál.,* 2014).

5.6.1.2. Descripción del caso

La calidad del aire en las ciudades es una de las principales preocupaciones de la Unión Europea (UE). En las últimas dos décadas se han aplicado en la UE diversos instrumentos de política para mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas, principalmente mediante la regulación de las emisiones de contaminantes atmosféricos de origen antropogénico de fuentes y sectores específicos. El Plan de Energía, Cambio Climático y Calidad del Aire de Barcelona (PECQ, 2011) proporciona el marco político para la regulación de la calidad del aire y la mitigación del cambio climático durante el periodo 2011-2020. Este instrumento no considera la mejora de la infraestructura verde como estrategia potencial para cumplir con los objetivos de política establecidos para las concentraciones de contaminación del aire y las emisiones de GEI, ya que se centra principalmente en medidas para mejorar la eficiencia energética y otras soluciones técnicas. En este caso de estudio, Baró *et al.* (2014) cuantificaron los servicios de regulación proporcionados por los bosques urbanos en el municipio de Barcelona, aplicando el modelo i-Tree Eco para cuantificar en términos biofísicos y monetarios los servicios del ecosistema «purificación del aire», «regulación climática global» y posibles daños («diservicios») «contaminación del aire» asociados con emisiones biogénicas. Observaron una contribución sustancial de los bosques urbanos a la mitigación de la contaminación (**Figura 5.5**), aunque modesta si se compara con los niveles generales de contaminación

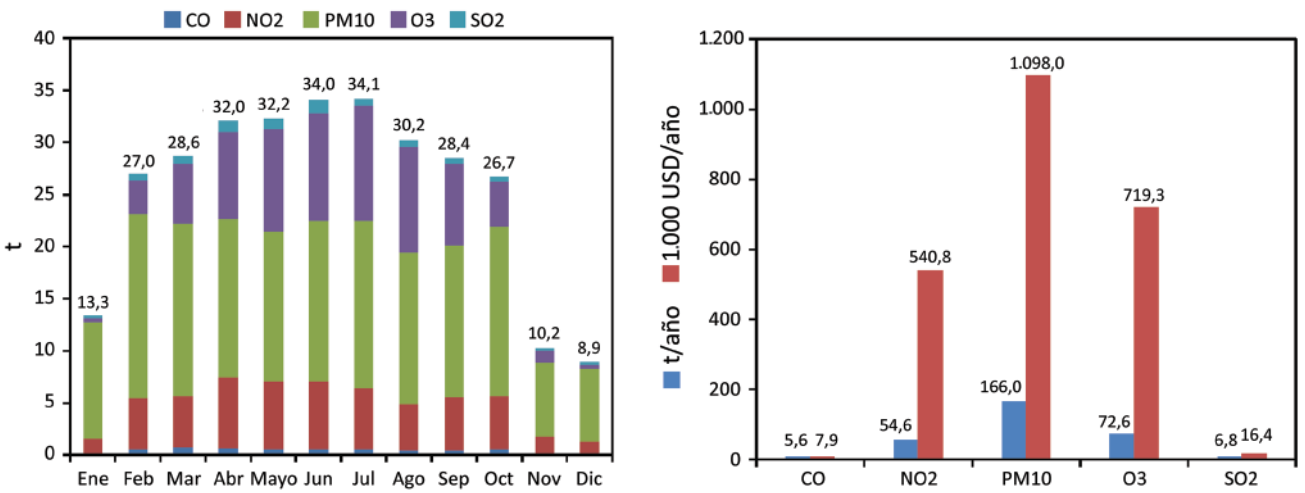


Figura 5.5. Eliminación mensual (gráfico de la izquierda) y anual (gráfico de la derecha, barras azules) de contaminantes atmosféricos en 2008 por los bosques urbanos del municipio de Barcelona, y valor económico correspondiente a la purificación estimada del aire (gráfico de la derecha, barras rojas). Fuente: Baro *et ál.* (2014).

atmosférica y de emisiones de gases de efecto invernadero de las ciudades. Además, la reducción de los contaminantes atmosféricos puede disminuir potencialmente el calentamiento y las olas de calor.

5.6.1.3. Limitaciones

En la década entre 2000-2010, Barcelona superó repetidamente los valores límite de la UE para las concentraciones medias anuales de dióxido de nitrógeno (NO_2) y las partículas en suspensión PM10 (40 ig m^{-3} para ambos contaminantes). Por otro lado, Barcelona tiene 6,80 m^2 de área verde por habitante, lo que es bastante bajo en comparación con otras ciudades europeas, donde esta proporción puede alcanzar hasta 300 m^2 por habitante. Sin embargo, esto se ve contrarrestado por el número de árboles individuales en las calles del espacio urbano de Barcelona, que asciende a 98,36 árboles de calle por cada 1.000 habitantes, una relación relativamente alta en comparación con otras áreas urbanas en Europa, que en su mayoría oscila entre 50 y 80 árboles por 1.000 habitantes. También se pueden encontrar limitaciones con el enfoque metodológico, dado que el modelo i-Tree Eco está diseñado para los Estados Unidos y se deben hacer algunas adaptaciones para su uso en otros países. Asimismo, requiere la toma de muestras sobre el terreno para la recopilación de datos (estructura de los bosques urbanos, contaminación atmosférica, meteorología) y la disponibilidad de imágenes satelitales o aéreas de alta resolución para la planificación. Otra posible limitación está relacionada con la elección de las especies para la plantación, ya que es necesario evitar la selección de especies invasoras.

5.6.1.4. Interacciones y cobeneficios

El modelo i-Tree Eco se ha utilizado en más de 50 ciudades alrededor del mundo, especialmente en Estados Unidos, para evaluar la estructura del arbolado urbano y los servicios ecosistémicos. Por lo tanto, se pueden producir interacciones entre las ciudades sobre el uso de este instrumento y la interpretación y aplicación de los resultados. Es más, los autores ven una sinergia potencial con techos y paredes verdes, aún por desarrollar en Barcelona, particularmente en los barrios de alta densidad, donde el suelo para plantar es escaso.

5.6.1.5. Lecciones aprendidas

El papel de los bosques urbanos en la prestación de servicios ecosistémicos en Barcelona está empezando a ser reconocido por el Ayuntamiento, como se manifiesta, por ejemplo, en el Plan del Verde y de la Biodiversidad de Barcelona 2020 (Ayuntamiento de Barcelona, 2013), un instrumento de planificación que apunta a contribuir al desarrollo de estrategias de infraestructura verde en la presente década. La principal lección aprendida de este estudio es que, para ser efectivos, los esfuerzos basados en infraestructura verde para compensar la contaminación urbana a nivel municipal deben coordinarse con políticas territoriales a escalas espaciales más amplias. También es evidente que la capacidad de la vegetación urbana para eliminar los contaminantes del aire depende significativamente de muchos factores, como la salud de los árboles, la disponibilidad de humedad del suelo, el periodo de crecimiento foliar, el índice de área foliar, la meteorología y las concentraciones de contaminación. Por lo tanto, la elección de especies de árboles para la arborización de la ciudad también es relevante. Es posible que los árboles que se hayan elegido únicamente conforme a criterios anteriores (por ejemplo, propiedades ornamentales) no siempre sean los más adecuados para la adaptación y mitigación frente al cambio climático. Las especies apropiadas también pueden fomentar las redes tróficas y la conectividad que podrían potenciar la biodiversidad. Por último, la eficacia de las estrategias basadas en una infraestructura verde para cumplir los objetivos de la política ambiental puede variar enormemente según los distintos contaminantes.

5.6.2. Monitoreo de ecosistemas centinelas: monitoreo de humedales andinos en Bolivia

5.6.2.1. Contexto

Los «ecosistemas centinelas» para los cambios globales, es decir, los sistemas que pueden proporcionar una visión única de la respuesta natural, física y ecológica al clima, ya han sido identificados para varios biomas alrededor del mundo, como las sabanas y los arrecifes de coral. Sin embargo, a menudo es difícil distinguir los efectos del cambio climático de otros tipos de impulsores antrópicos. Esta es posiblemente la razón por la que, aunque los riesgos y los impactos del cambio climático en las comunidades y especies individuales se están documentando cada vez más (ver secciones **5.2** y **5.3**), sigue habiendo escasa evidencia sobre los cambios causados por el clima en ecosistemas enteros. Por lo tanto, es deseable que los ecosistemas centinelas muestren alta sensibilidad al cambio climático pero baja a la perturbación humana, de modo que sea posible atribuir claramente los cambios al primero más que al segundo. El argumento del caso aquí descrito, desarrollado por Dangles *et ál.* (2017) es que los entornos alpinos tropicales prístinos como los humedales andinos, situados cerca del borde de sus límites climáticos, pueden ser un candidato ideal para ser centinela (**Figura 5.6**).

5.6.2.2. Descripción del caso

Dangles *et ál.* (2017) utilizaron una combinación de imágenes satelitales de alta resolución (PLEIADES) y el archivo de imágenes a largo plazo de LANDSAT para el mapeo de la ubicación y la extensión de 1.689 humedales en la Cor-



Figura 5.6. Fotografías del sistema de estudio en la Cordillera Real de Bolivia (por encima de 4.500 m): (a) humedal en el paisaje árido de la puna; (b) proximidad de los humedales y glaciares; (c) plantas en cojín (*Distichia muscoides*) que componen los humedales; (d) ejemplo de una especie de ave (*Chloephaga melanoptera*) estrechamente dependiente de los humedales. Derechos de autor: Fabien Anthelme (a) y Olivier Dangles (b-d). Fuente: Dangles *et ál.* (2017).

dillera Real de Bolivia, y para cuantificar los cambios en su superficie durante casi 30 años (1984-2011). Como los humedales de altura en los Andes bolivianos están cubiertos casi por completo de vegetación, la imagen de satélite analiza principalmente los cambios documentados en la cubierta vegetal y las dinámicas a lo largo del tiempo. La dinámica de la vegetación respondió perfectamente a los cambios en las condiciones del agua y el suelo, a su vez influida por el cambio climático. Los dos objetivos específicos de este estudio fueron: 1) identificar los factores ambientales (por ejemplo, cobertura de glaciares en la cuenca de captación, tamaño de los humedales y tamaño de las cuencas) que afectan a los cambios a largo plazo de la superficie de los humedales tanto a escala regional como individual, y 2) identificar las características de los humedales individuales (por ejemplo, forma, tamaño y ubicación en la cuenca de captación) que controlan su propensión a secarse (como resultado de los cambios en los factores abióticos). Este último objetivo tenía el fin de permitir el desarrollo de un mapa de vulnerabilidad de los humedales de gran altura para orientar el plan de conservación. El estudio mostró una tendencia creciente en la media del área y número total de humedales, principalmente relacionados con la aparición de «parches» de pastizales húmedos durante los años más lluviosos. La cubierta de humedales también mostró una alta variabilidad interanual y su área para un año determinado se correlacionó positivamente con las intensidades de precipitación en los tres meses anteriores a la fecha de la imagen. Los humedales circulares situados en áreas de captación altamente glaciares fueron menos propensos a la desecación, mientras que los humedales relativamente pequeños con contornos irregulares sufrieron las mayores tasas de desecación en las últimas tres décadas. Los autores llegaron a la conclusión de que los humedales altoandinos pueden considerarse como ecosistema centinela del cambio climático, ya que son sensibles al derretimiento de los glaciares.

5.6.2.3. Limitaciones

La principal limitación de este tipo de estudio es la falta de datos históricos en regiones remotas y poco estudiadas. Los autores superaron esto combinando distintos tipos de imágenes satelitales, que en algunas circunstancias pueden ser difíciles de acceder o costosas o adquirir. Otra dificultad que los autores intentaron sortear al seleccionar cuidadosamente su objeto de estudio fue la relativa a definir la atribución de las variaciones en los ecosistemas a cambios climáticos, y no a cualquier otro factor antrópico.

5.6.2.4. Interacciones y cobeneficios

Este caso ilustra cómo el monitoreo por satélite de los ecosistemas centinelas puede ayudar a suplir la falta de información sobre las consecuencias ecológicas de las condiciones climáticas actuales y cambiantes, una cuestión común y crucial especialmente en los países menos desarrollados. La elección de los Andes tropicales es particularmente pertinente dada la gran dependencia de los pueblos indígenas de los ecosistemas de alta montaña con el pastoreo de camélidos, y porque también proporciona información de importancia regional y mundial.

5.6.2.5. Lecciones identificadas

Las dos principales lecciones aprendidas de este caso son el criterio de selección y monitoreo de un ecosistema cen-

tinela (en este caso, un humedal altoandino) y la viabilidad de un método para recurrir a distintos tipos de imágenes satelitales disponibles para una serie temporal que abarca más de una década (en este caso, tres décadas) para llevarlo a cabo.

5.6.3. Uso del *Agave spp.* en México: resiliencia e incertidumbres

5.6.3.1. Contexto

Los elementos de la agrobiodiversidad son particularmente importantes para la economía y la cultura de los países iberoamericanos (ver sección **5.2**). La vulnerabilidad y los riesgos potenciales impuestos por el cambio climático a la agrobiodiversidad pueden, por lo tanto, ser perjudiciales no solo para estas especies, sino particularmente para las comunidades locales cuyos medios de vida dependen de ellas. Es más, la cultura nacional también puede verse afectada por la fuerte disminución de la producción debido a los efectos del cambio climático. El presente caso es el conjunto de especies de agave en México. El país es el centro de origen del agave y los pueblos locales utilizan desde la época precolombina las especies de este género para producir alimentos, fibras y bebidas alcohólicas como tequila, mezcal, bacanora, raicilla y pulque. Por lo tanto, el agave es económica y culturalmente relevante para México (Trejo-Salazar *et ál.,* 2016). Dado que el tequila ha llegado a los mercados internacionales de todo el mundo, el género también es muy relevante a nivel mundial.

5.6.3.2. Descripción del caso

Hay evidencia disponible acerca de la resiliencia de las especies de agave al cambio climático. Por ejemplo, Stewart (2015) considera al agave como un cultivo modelo MAC (metabolismo ácido de las crasuláceas), un tipo de fotosíntesis que maximiza la eficiencia del uso del agua al trasladar la mayor parte de la captación de CO_2 a la noche. Este autor propone que, frente a climas cálidos y secos, este tipo de fotosíntesis es favorable para los cultivos, particularmente teniendo en cuenta que la especie no es muy exigente en cuanto a recursos. Owen *et ál.* (2015) indican el potencial de producción sostenible de bioenergía del *Agave tequilana* para 2070 en los diversos escenarios RCP. Los datos empíricos también muestran que el riesgo de marchitez del agave debido al hongo *Fusarium oxysporum* disminuyó en la mayoría de las zonas muestreadas (Flores-Lopez *et ál.,* 2016). Por otro lado, existe evidencia de que el aumento de la temperatura en los sitios de cultivo del agave impacta en la floración y la reproducción (Rodríguez-Garay *et ál.,* 2014, **Figura 5.7**) y que los cultivos de agave *americana,* aunque resistentes, ven su productividad reducida bajo el régimen de sequía (Niechayev *et ál.,* 2018).

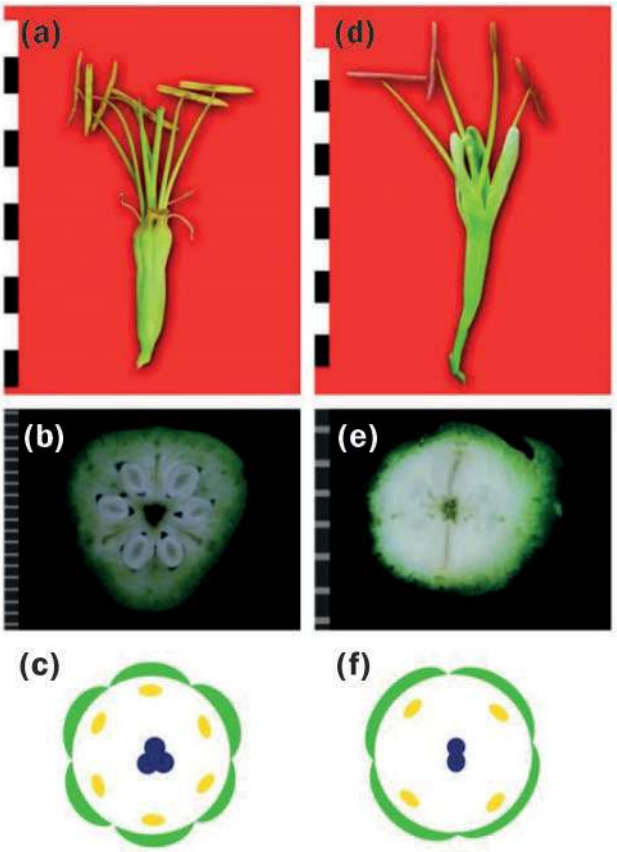


Figura 5.7. Flores normales y anormales de *Agave tequilana* mostrando los supuestos efectos de las altas temperaturas en el estado de Jalisco, México: [a, b y c] = flor normal con seis anteras; [d, e y f] = flor anormal con cuatro anteras. Barras en a y d = centímetros. Barras en b y e = milímetros. Fuente: Rodríguez-Garay *et ál.* (2014).

5.6.3.3. Limitaciones

Las limitaciones están relacionadas con algunas de las incertidumbres que rodean no solo a la resistencia del *Agave spp.,* sino también a eventuales efectos secundarios. Muchos pueden pasar por alto el impacto de temperaturas más altas en la floración y la reproducción, como se ha descrito anteriormente, ya que las prácticas de gestión cambiaron con el tiempo para utilizar más brotes clónicos que la reproducción sexual. Sin embargo, se ha demostrado que los murciélagos que se alimentan del néctar del *Agave tequilana* dependen en gran medida de esta fuente de alimento: si se permitiera que el 5 % de la población total actual de agaves reproductivas de *A. tequilana* floreciera, se podría alimentar cada mes a un total de 2.336.250 murciélagos que se alimentan de néctar (Trejo-Salazar *et ál.,* 2016). La principal incertidumbre es que, con la excepción del estudio de Owen *et ál.* (2015) sobre el *Agave tequilana,* no encontramos ninguna modelación del escenario climático para las especies de agave.

5.6.3.4. Interacciones y cobeneficios

Existe evidencia de que las prácticas agroecológicas en el cultivo del agave en lugar del monocultivo convencional son más sostenibles desde el punto de vista ambiental (Herrera-Pérez *et ál.,* 2017). La combinación de este tipo de prácticas, con la preocupación por los murciélagos que se alimentan de néctar (Trejo-Salazar *et ál.,* 2016), con la resiliencia natural de las especies de agave al cambio climático, puede ser una poderosa interacción con cobeneficios para los productores y para la biodiversidad asociada.

5.6.3.5. Lecciones identificadas

La principal lección identificada de este caso de estudio es que, a pesar del optimismo con respecto a la resistencia del agave a los climas más cálidos y secos, es necesario preocuparse por la gestión de los cultivos para garantizar la sostenibilidad y los cobeneficios de la biodiversidad que dependen del agave, como los murciélagos que se alimentan de néctar.

5.6.4. Potencial adaptativo del sistema de conservación de la biodiversidad en Cuba

5.6.4.1. Contexto

Los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo del Caribe (PEID) son vulnerables a los impactos del cambio climático, incluyendo el aumento del nivel del mar, especies invasoras, acidificación de los océanos, cambios en los patrones de lluvia, aumento de las temperaturas y los cambiantes regímenes de peligro, incluyendo huracanes, inundaciones y sequías. Dada la gran dependencia de los pequeños Estados insulares en desarrollo del Caribe de los recursos naturales para sus medios de vida, es esencial prestar atención a los ecosistemas y a su interacción con las personas para la adaptación al cambio climático. Cada vez más, los enfoques de la adaptación basada en los ecosistemas (AbE) se están destacando como un mecanismo para abordar los efectos del cambio climático. Concretamente, la AbE fomenta el uso de los conocimientos locales y externos de los ecosistemas para identificar los enfoques de adaptación al cambio climático. Este caso de estudio se ocupa de Cuba, el mayor de los países insulares del Caribe, que alberga el mayor número de especies entre las islas. El país ha desarrollado una serie de iniciativas de conservación efectivas a lo largo de su historia, la mayoría de las cuales se han pasado por alto fuera del país. Goulart *et ál.* (2018) compilaron algunas de las cifras más destacadas de la biodiversidad que posee Cuba: el segundo mayor número de especies de peces marinos amenazados (35) y de mamíferos (17) y el tercer mayor número de especies de aves amenazadas (14) y plantas (176) en la cuenca del Caribe (**Figura 5.8**); ocupa el puesto 39 en el mundo entre los países más ricos en especies, según los registros de especies de anfibios, aves, mamíferos, reptiles y plantas vasculares; registro de endemismos en el Caribe (> 50 % de sus plantas, 32 % de sus vertebrados y 95 % de sus anfibios).

Sin embargo, a pesar del sólido sistema de conservación disponible que protege la biodiversidad, el cambio climático sigue imponiendo importantes riesgos para la biodiversidad y el bienestar humano (Goulart *et ál.,* 2018). Este caso de estudio examina el potencial para la adaptación basada en ecosistemas en Cuba dada la red de conservación existente y las prácticas disponibles. También se examina la necesidad de que Cuba y otros países PEID integren los conocimientos locales y externos (Mercer *et ál.,* 2012).

5.6.4.2. Descripción del caso

El éxito de Cuba en proteger una fracción significativa de la biodiversidad del Caribe está relacionado con un conjunto de políticas que promueven la agricultura amigable con la biodiversidad, la restauración y la conservación de bosques, la prevención de la deforestación, una estricta red de áreas protegidas, y planes de conservación para especies en peligro de extinción. Como resultado, la extensión y calidad del hábitat aumentó para las especies vegetales y animales y se mejoró la conectividad del paisaje. Sin embargo, los factores que impulsan la pérdida de la biodiversidad siguen existiendo e incluyen la deforestación debida a la expansión de la industria turística, especies exóticas invasoras y la sobrepesca en aguas marinas y dulces por parte de pesquerías. Goulart *et ál.* (2018) compilaron informes gubernamentales y publicaron artículos que señalan al cambio climático como un impulsor adicional que aumenta el daño potencial causado por los impulsores de la pérdida de biodiversidad, reconociendo al mismo tiempo la capacidad de adaptación del sistema de conservación existente. Los riesgos directos impuestos por el cambio climático en la biodiversidad incluyen cambios de distribución y extinción para más de 32 especies anfibias, reducción en el área de distribución de muchos reptiles, mamíferos y especies de aves, y pérdida de hábitat para muchas especies de árboles debido al aumento del nivel del mar, todo para el 2080. Además, se prevé que los efectos indirectos de huracanes y tormentas tropicales afecten a las barreras de coral, bosques y especies de aves. Se desprende de estos desafíos que los futuros avances en las políticas de conservación del país podrían considerar la adaptación al cambio climático. Esos impactos potenciales son un riesgo tanto para la biodiversidad como para el bienestar humano. Por ejemplo, recientemente se ha demostrado que, aunque los Estados del Caribe, como Cuba, han implementado varias estrategias innovadoras de adaptación al cambio climático, incluidas aquellas que se basan en los ecosistemas, su relevancia debería reexaminarse en caso de que se supere la meta de 1,5 °C (Mycoo, 2018).

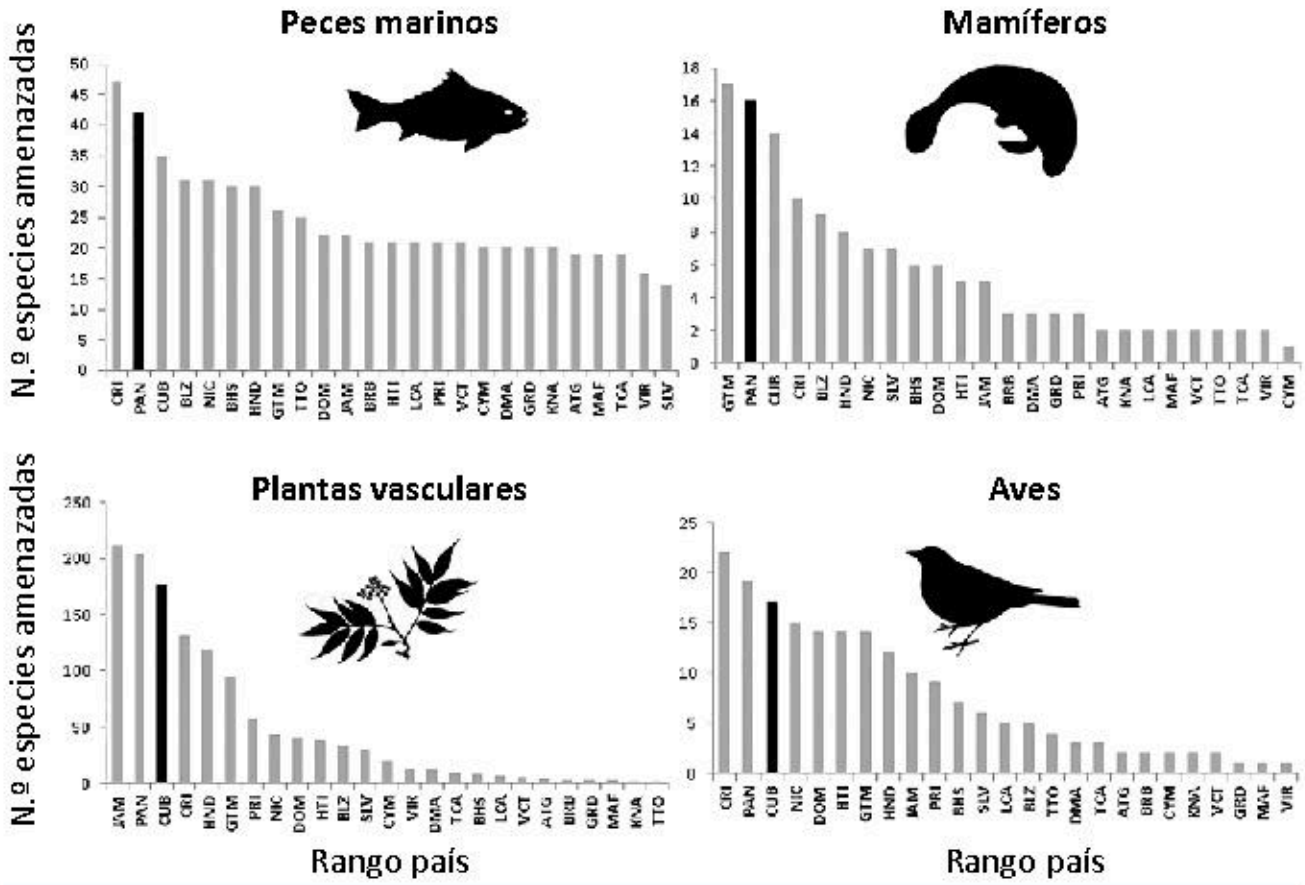


Figura 5.8. Número de especies amenazadas de peces marinos, plantas superiores, mamíferos y aves según la UICN en los países de América Central y el Caribe. ATG – Antigua Barbuda; BHS – Las Bahamas; BLZ – Belice; BRB – Barbados; CRI – Costa Rica; CUB – Cuba; CYM – Islas Caimán; DMA – Dominica; DOM – República Dominicana; GRD – Granada; GTM – Guatemala; HND – Honduras; HTI – Haití; JAM – Jamaica; KNA – San Cristóbal y Nieves; LCA – St. Lucía; MAF -St. Martin (parte francesa); NIC – Nicaragua; PAN – Panamá; PRI – Puerto Rico; SLV – El Salvador; TCA – Isla de Turcos y Caicos; TTO – Trinidad y Tobago; VIR – Islas Vírgenes (EE. UU.). Fuente: Goulart *et al.* (2018).

5.6.4.3. Limitaciones

Las principales limitaciones relacionadas con vincular el éxito de la conservación de la biodiversidad con una efectiva adaptación al cambio climático basada en ecosistemas están relacionadas tanto con factores físicos como políticos. La potencial magnitud de los impactos futuros es claramente limitante, como lo es la escasez comparativa de intercambio científico entre Cuba y otros países (Goulart *et al.*, 2018).

5.6.4.4. Interacciones y cobeneficios

Por supuesto, como se discutió en otra parte de este informe, las estrategias de conservación de la biodiversidad y su uso para la adaptación al cambio climático, como en este caso de Cuba, tienen cobeneficios obvios para la mitigación climática y la prevención de la degradación de la tierra, así como para la seguridad alimentaria y del agua. Estos cobeneficios no son tratados en los artículos o trabajos revisados para este caso de estudio, y tal vez es una laguna científica que debiese ser llenada. En efecto, las sinergias entre los objetivos relacionados con la biosfera (conservación de la biodiversidad y acción climática como Objetivos de Desarrollo Sostenible 13, 14 y 15) y los objetivos de bienestar humano, como los conectados con la salud, alimentación, seguridad del agua y reducción de desastres, son una línea importante de investigación (por ejemplo, Pradhan *et al.*, 2017) que podría ayudar a generar más cobeneficios. Además, este también es un caso donde las interacciones dentro del Caribe y dentro de Iberoamérica pueden ser altamente beneficiosas para todos. Por un lado, los países tienen lecciones que aprender de los exitosos esfuerzos de conservación de la biodiversidad de Cuba. A su vez, el creciente conocimiento y la creación de redes sobre soluciones de adaptación al cambio climático basadas en los ecosistemas que se han desarrollado en el Caribe y en otros lugares (Mercer *et al.*, 2012; Robinson, 2017) también pueden ser beneficiosos para Cuba.

5.6.4.5. Lecciones identificadas

La historia de la política y la gobernanza ambiental de Cuba ha tenido iniciativas exitosas y a menudo innovadoras que han dado lugar a un historial de conservación positivo. Esto incluye: gestión de la matriz agroecológica; mantenimiento de una alta biodiversidad planificada y asociada gestionada con bajos niveles de agroquímicos; reforestación de larga duración dentro y fuera de los parques asociada al fortalecimiento de la gobernanza forestal; aumento de las áreas protegidas terrestres y marinas; programas activos específicos de especies para la conservación *ex situ* y la educación ambiental (Goulart *et ál.,* 2018), y un sólido plan legislativo de gestión de la zona costera que es relativamente simple de aplicar (Mycoo, 2018). Sin embargo, los riesgos del cambio climático siguen siendo elevados, y un mayor intercambio sobre las estrategias de adaptación basadas en los ecosistemas con otros países del Caribe e Iberoamérica puede ser útil para Cuba para hacer converger las estrategias de conservación de la biodiversidad y las estrategias de adaptación al cambio climático.

5.6.5. Definición de municipios prioritarios para la adaptación basada en ecosistemas en Brasil

5.6.5.1. Contexto

La conservación de la naturaleza por sí sola no es necesariamente adaptativa al cambio climático (ver también sección **5.4**). La reducción de la vulnerabilidad al cambio climático de las sociedades locales y sus riesgos asociados requieren una combinación de instrumentos políticos relacionados con la conservación de los servicios de biodiversidad y ecosistemas (BES por sus siglas en inglés) (por ejemplo, implementación y gestión efectiva de áreas protegidas, gestión comunitaria de áreas naturales y restauración ecológica) y políticas socioeconómicas que fomenten la diversificación de los medios de vida y, en consecuencia, la generación de ingresos y —particularmente en el caso de los países en desarrollo— la reducción de la pobreza. Este es un concepto más amplio de «adaptación al cambio climático basada en ecosistemas» (AbE; Jones *et ál.,* 2012; Scarano, 2017; Kasecker *et ál.,* 2018) que otras definiciones sectoriales, que asumen que las acciones orientadas a los BES son intrínsecamente adaptables al cambio climático (p. ej., Vignola *et ál.,* 2009) o identifican la AbE exclusivamente como el componente BES de una estrategia de adaptación más amplia (p. ej., CBD, 2009). En las regiones más pobres, si una determinada acción no reduce la pobreza, es poco probable que sea adaptativa a largo plazo. Esto significa que, incluso si una determinada acción orientada a la conservación reduce el riesgo de desastres debidos al cambio climático en un lugar determinado, en caso de que las personas de ese lugar sigan siendo pobres continuarán siendo vulnerables a los cambios climáticos a largo plazo.

5.6.5.2. Descripción del caso

Brasil lanzó su Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) en 2016 y la AbE es uno de sus componentes (MMA, 2016). Sin embargo, el plan no proporciona a los administradores y profesionales un conjunto de herramientas o métodos para su aplicación. En este caso, Kasecker *et ál.* (2018) propusieron un método simple para identificar municipios prioritarios para el despliegue de políticas y prácticas de AbE a escala nacional en Brasil. Los métodos consistieron en seleccionar municipios que mostraran una combinación de alta exposición al cambio climático, altos niveles de pobreza y alta cobertura vegetal. Encontraron que 398 municipios prioritarios (7,1 %) entre 5.565 municipios brasileros comprenden el 36 % del área total de remanentes nativos en el país y albergan al 22 % de la población en situación de pobreza en Brasil. En otras palabras, casi 1/3 de los extensos remanentes de vegetación nativa brasileña se encuentra en municipios donde vive 1/5 de la población pobre del país. Estos municipios prioritarios se concentran principalmente en tres biomas: la Amazonia, el Cerrado (sabana en el centro de Brasil) y la Caatinga (vegetación semiárida en el Nordeste de Brasil) (**Figura 5.9**). La principal recomendación es que un enfoque de la AbE que concilie las acciones de conservación con la mejora de las condiciones socioeconómicas es esencial para reducir la vulnerabilidad al cambio climático en estos municipios prioritarios.

5.6.5.3. Limitaciones

No hubo limitaciones en la implementación del método para la selección de los municipios prioritarios, ya que se dispuso de datos sobre la cubierta vegetal, la pobreza y la exposición al cambio climático. Por consiguiente, mientras se disponga de datos de este tipo, otros países en desarrollo podrían utilizar el mismo tipo de enfoque. En el caso del Brasil, la limitación más difícil podría consistir en prestar la atención debida a estos resultados incorporándolos en el PNA. Dado que el 52 % de los municipios prioritarios tenían zonas protegidas, parece que los planes sectoriales orientados a la conservación por sí solos no están mejorando los medios de vida en el Brasil. Varios estudios confirman el patrón de que las zonas protegidas de Brasil todavía no logran impulsar el desarrollo socioeconómico local (Bernard *et ál.,* 2014; Dias *et ál.,* 2016; Laue y Arima, 2016). Las políticas nacionales de incentivos para la conservación tampoco abordan todos los municipios priorizados en este caso. A juzgar por estos dos ejemplos, la plena incorporación de los resultados al PNA y su posterior implementación requerirían la revisión de algunas de las políticas existentes para las áreas protegidas y para los incentivos de conservación, por ejemplo. Además, otro problema apremiante es el de filtrar este tipo de ejercicio de priorización a nivel nacional a la acción real que debería tener lugar a nivel municipal.

5.6.5.4. Interacciones y cobeneficios

Los indicadores utilizados para seleccionar los municipios prioritarios de la AbE (pobreza, exposición al cambio climático y

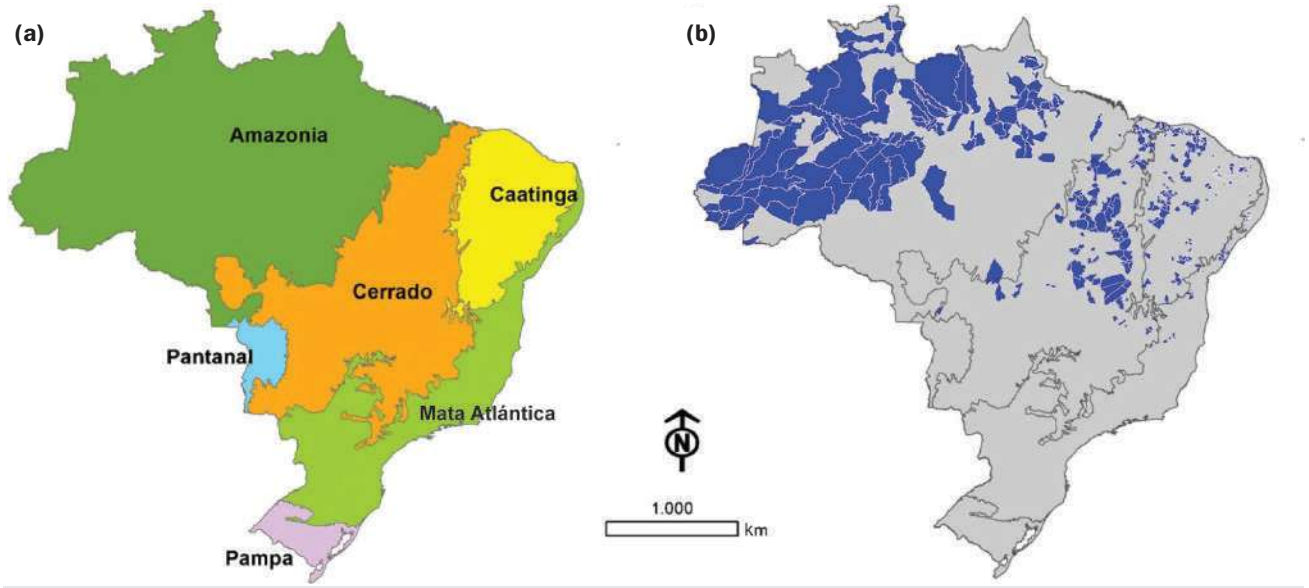


Figura 5.9. Principales regiones ecológicas de Brasil (a) y los puntos calientes (*hotspots*) de adaptación basada en ecosistemas (AbE) según el modelo de circulación general (MCG) Eta-HadGEM y Eta-MIROC (b). Fuente: Kasecker *et ál.* (2018).

cubierta vegetal) dialogan directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 1, 13, 14 y 15, respectivamente: poner fin a la pobreza, adoptar acción climática y garantizar la conservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Stafford-Smith *et ál.* (2017) creen que la integración es clave para la aplicación de los ODS, y la herramienta propuesta por Kasecker *et ál.* (2018) lo permite. Por lo tanto, este método puede ayudar a vincular los planes nacionales de adaptación con los compromisos a nivel nacional indicados en la Agenda 2030. Esta interacción entre la adaptación y el desarrollo sostenible está en armonía con la idea de que promover la adaptación al cambio climático puede ser un paso importante en la transición hacia la sostenibilidad (Agrawal y Lemos, 2015; Scarano, 2017). Finalmente, dada la relevancia de los biomas priorizados en este estudio para el ciclo global del agua y los nutrientes (Amazonia), seguridad alimentaria global (Cerrado), vulnerabilidad a la desertificación (Caatinga) y la biodiversidad (todos), la incorporación exitosa al PNA y la implementación real de las acciones en el terreno a nivel municipal pueden tener un impacto global y servir de modelo para otras sociedades que habitan bosques tropicales, sabanas y zonas semiáridas en otras partes del mundo.

5.6.5.5. Lecciones identificadas

Este método se puede adaptar a otros países tropicales en desarrollo para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a determinar los lugares que deberían considerarse prioritarios para el despliegue de políticas de AbE. A medida que los países avanzan en sus PNA, los métodos que pueden establecer prioridades utilizando los datos sociales, ambientales y climáticos existentes pueden optimizar el proceso de planificación y hacer la transición de la planificación a la acción mucho más eficiente.

5.6.6. Integrando la conservación y el bienestar humano para mitigar y adaptarse al cambio climático: el caso de la Reserva de la Biósfera Cabo de Hornos en el sur de Chile

5.6.6.1. Contexto

La iniciativa descrita radica en la protección de los bosques subantárticos y las turberas para mantener la absorción de CO_2 por parte de los árboles y evitar la liberación de CO_2 a la atmósfera mediante la destrucción de las turberas, respectivamente, y al mismo tiempo mejorar los medios de vida de la población local a fin de reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

5.6.6.2. Descripción del caso

El área del Cabo de Hornos, que se extiende desde el canal de Beagle hasta la punta del continente en el sur de Chile, es la zona terrestre más austral en el hemisferio sur. El área está cubierta de bosques prístinos dominados por *Nothofagus* y turberas con un alto contenido de carbono, intercaladas con glaciares y fiordos. La zona tiene pocas especies de árboles,

pero es un área candente global para la diversidad de briofitas (Rozzi *et ál.,* 2008; **Figura 5.10**). Toda la zona desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la estabilidad climática en el extremo sur del continente sudamericano. En el 2005, la Fundación Omora, con la colaboración de varias instituciones académicas, allanó el camino para el establecimiento de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos (Rozzi *et ál.,* 2006). El objetivo de la reserva es promover la investigación básica y el ecoturismo como medio de subsistencia para el pequeño número de habitantes del área y monitorear la biodiversidad en el marco del cambio climático. En otras palabras, esta reserva, al combinar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con el mejoramiento de los medios de vida mediante el ecoturismo, tiene un amplio valor de adaptación local y nacional. La Fundación Omora ha establecido sólidas relaciones de trabajo con operadores turísticos locales, políticos y la marina chilena, todos los cuales se han convertido en aliados fundamentales y administradores de la causa. La reserva es ahora reconocida como uno de los «laboratorios naturales» de Chile junto con los cielos del norte, que apoyan el gran programa internacional de astronomía del país.

5.6.6.3. Limitaciones

La principal dificultad ha sido atraer a un número considerable de científicos bien capacitados para que vivan permanentemente en una zona tan remota. No existen carreteras que conecten la zona con las áreas más habitadas hacia el norte, y los escasos viajes en barco y en avión al lugar son muy costosos.

5.6.6.4. Interacciones y cobeneficios

La creación de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos ha llevado al desarrollo del moderno Centro Subantártico Cabo de Hornos financiado por el gobierno de la XII Región de Chile, que, cuando esté en funcionamiento, apoyará la investigación, realizará un monitoreo a largo plazo más extenso, asesorará a los turistas que visitan el área y ofrecerá cursos de ecoturismo a nivel nacional (Rozzi y Schüttler, 2015). El Jardín Botánico asociado Omora, que pertenece a la Red Chilena de Investigación Socio-Ecológica a Largo Plazo (LTSER-Chile) y a la Red Internacional de Investigación Ecológica a Largo Plazo (Holzer *et ál.,* 2018), alberga un estudio de 16 años sobre los patrones de migración de aves interhemisféricas. La instauración de una novedosa forma de ver la naturaleza, el turismo con lupa (Rozzi *et ál.,* 2008), destinado a apreciar la diversidad briofítica, ha cambiado la percepción de los bosques más australes del continente como una zona de baja diversidad a una de extraordinaria riqueza y belleza y digna de protección, y también se está implantando en otras zonas de Chile.



Figura 5.10. (a) Musgos y líquenes colonizando rocas desnudas en morrenas glaciares, como se ve a lo largo del canal Beagle en la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos (RBCH). (b) Un ejemplo de la especie pionera confinada a la roca es este musgo del género *Orthotrichum.* (c) En los bosques lluviosos de la ecorregión Magallánica Subantártica, la alta precipitación anual (> 4.000 mm) favorece el desarrollo de ensamblajes conspicuos de hepáticas, musgos y líquenes en árboles y rocas, que contribuyen al flujo de nutrientes y al equilibrio general del agua. (d) *Tayloria mirabilis* (Splachnaceae), un musgo endémico de los bosques templados húmedos del sur de América del Sur. Fuente: Rozzi *et ál.* (2008); [(a), (b) y (c), cortesía del Archivo de la Fundación Omora; (d), cortesía de O. Vogel, Archivo de la Fundación Omora].

5.6.6.5. Lecciones identificadas

Para contribuir a largo plazo al uso de la biodiversidad y el ecosistema natural para mitigar y adaptar la sociedad local al cambio climático, un primer paso importante ha sido exponer los beneficios de conservar la biodiversidad a la población local, los políticos y las agencias gubernamentales. Se llevaron a cabo muchas reuniones y talleres, que fueron cruciales para plantear temas relacionados con la ética ambiental y la evolución biocultural. Como resultado, la creación de la reserva de biosfera ayuda a inclinar la balanza desde una economía principalmente de extracción de recursos, con sus consiguientes impactos ambientales, a una economía cada vez más basada en la naturaleza. El hecho de valorar los conocimientos locales de los últimos representantes que quedan del pueblo Yahgan (Massardo y Rozzi, 2006) fomenta el orgullo local y promueve que la población del lugar considere la opción de permanecer en la zona.

5.6.7. Llenando las lagunas de conocimiento: colaboración científica entre países iberoamericanos

5.6.7.1. Contexto

Las brechas de información y conocimiento dificultan la promoción y la escalabilidad de las prácticas de adaptación. La pérdida de biodiversidad, el cambio climático y sus interacciones son desafíos globales que requieren colaboración entre países y disciplinas, como se desprende del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 17, que invoca las alianzas entre los actores para lograr todos los ODS. Sin embargo, muchas soluciones son de alcance local, lo que no significa que no puedan ser adaptadas o reproducidas en otros lugares. En este contexto, la Unión Europea (UE) ha promovido los vínculos con Latinoamérica y el Caribe (LAC) en ciencia, tecnología e innovación. Dangles *et ál.* (2016) examinaron las redes de colaboración de investigación existentes entre la UE y los países de LAC en la interfaz biodiversidad-cambio climático. El presente capítulo aborda este caso de estudio centrándose en las relaciones entre los países iberoamericanos.

5.6.7.2. Descripción del caso

Dangles *et ál.* (2016) analizaron la evolución temporal de las colaboraciones de investigación entre la UE y LAC, si fueron dirigidas por equipos de la UE o LAC, y qué dominios de investigación cubrieron **(Figura 5.11**). Se examinaron las publicaciones que figuran en la Web of Science de las que fueron autores investigadores de la UE y de LAC y que se publicaron entre 2003 y 2013. También se compararon con los resultados de otros temas de investigación y de otros continentes. El estudio mostró que hay un aumento constante de las coautorías científicas entre los países de la UE y de LAC, que es mayor para la interfaz biodiversidad-cambio climático que para otros temas o para la colaboración con otros continentes. También han encontrado grandes diferencias en los patrones de colaboración internacional dentro de LAC: las coediciones fueron menos numerosas en el caso de los investigadores de los países de ingresos bajos y medio-bajos y más frecuentes en el caso de los investigadores de países emergentes como México y Brasil. En general, las publicaciones interdisciplinarias representaron el 25,8 % de todas las publicaciones en la interfaz biodiversidad-cambio climático en la red UE-LAC.

Portugal aumentó (en 25 veces) su influencia entre los dos periodos analizados, 2003-2008 y 2008-2013. Mientras que el núcleo de la red de colaboración incluía a Brasil, Argentina, México y España en ambos periodos, en el segundo periodo se agregaron al núcleo Chile, Venezuela, Ecuador, Colombia y Portugal. Brasil desempeñó un papel cada vez más importante en la red, produciendo entre 2008 y 2013 un promedio de 8,5 publicaciones más que en 2003 y 2008. Sin embargo, Pires *et ál.* (2018a) mostraron que Brasil, de entre 10 países desarrollados y en vías de desarrollo (incluido México) en relación con el resto del mundo, tiene el porcentaje más bajo de estudios que vinculan la biodiversidad con servicios ecosistémicos, así como de los relacionados con la regulación del clima y el bienestar humano.

5.6.7.3. Limitaciones

Algunas de las principales limitaciones señaladas por Dangles *et ál.* (2016) son: la escasa integración regional entre los países de LAC; solo una cuarta parte de todos los estudios sobre la biodiversidad y el cambio climático eran interdisciplinarios, y la discrepancia en los formatos de los datos, la resolución, las incertidumbres y el acceso de cada comunidad. Además, ningún país de la UE alcanzó niveles de coautoría como los de los Estados Unidos de América (EE. UU.) y LAC, aunque la UE como bloque alcanzó niveles similares a los de los EE. UU. Sigue habiendo una brecha en la comprensión de cómo se utiliza realmente este producto científico en la toma de decisiones (por ejemplo, Scarano *et ál.,* 2018).

5.6.7.4. Interacciones y cobeneficios

Dangles *et ál.* (2016) atribuyen el aumento de la cooperación científica internacional entre los países de LAC y la UE en el periodo de estudio, en particular Portugal y España, a una combinación de proyectos globales de biodiversidad, relaciones históricas y desarrollo de programas nacionales de financiamiento de la investigación (por ejemplo, Brasil y Ecuador), financiamiento bilateral de la ciencia, política de desarrollo y una red cada vez más amplia de relaciones entre los científicos de ambas regiones. Las estrategias individuales también diferían. Por ejemplo, mientras que México dependía en gran medida de la colaboración internacional y regional para impulsar la producción científica, Brasil necesitaba la colaboración bilateral con determinados países o Estados.

5.6.7.5. Lecciones identificadas

Se deben promover más colaboraciones científicas 1) para evitar que los países menos desarrollados se aíslen de la red de cooperación global; 2) para garantizar que los científicos de estos países estén capacitados para dirigir investigaciones visibles y reconocidas sobre la biodiversidad y el cambio climático; 3) para incorporar más científicos jóvenes; 4) para desarrollar modelos de estudio comunes que integren mejor múltiples disciplinas científicas y apoyen mejor la toma de decisiones; 5) para conseguir que las iniciativas de monitoreo a largo plazo se financien adecuadamente de manera duradera, y, especialmente, 6) para encontrar maneras de hacer más efectiva la interfaz ciencia-política.

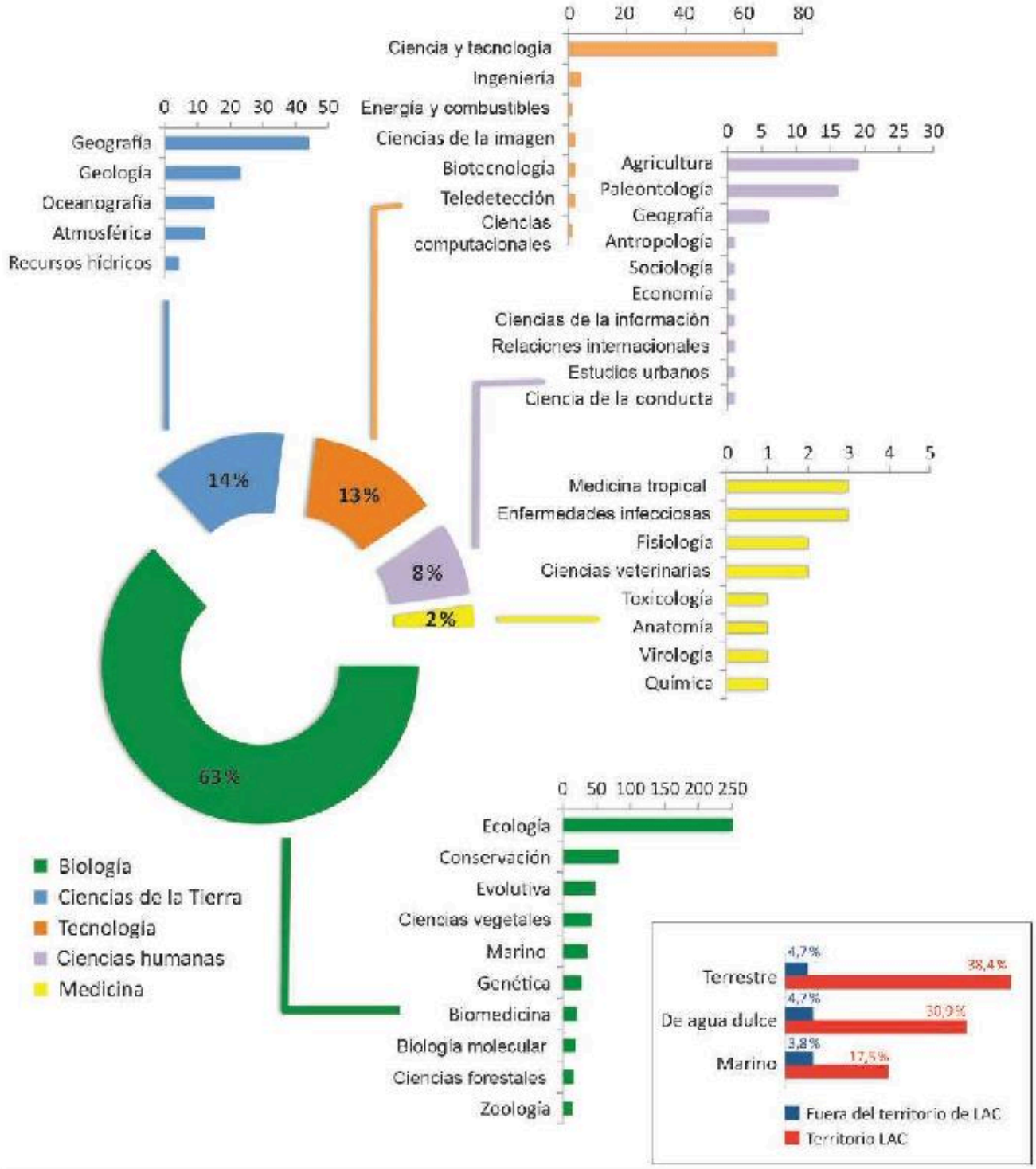


Figura 5.11. Principales ámbitos tratados en las coediciones del ERA-LAC sobre la biodiversidad y el cambio climático (siendo ERA = Espacio Europeo de Investigación, y LAC = Latinoamérica y el Caribe). El recuadro (arriba, a la derecha) detalla los medioambientes estudiados, indicando si los lugares de estudio estaban o no en el territorio de LAC. Cabe destacar que una disciplina determinada (por ejemplo, geografía) puede clasificarse en dos dominios diferentes (por ejemplo, ciencias de la Tierra y ciencias humanas). Fuente: Dangles *et al.* (2016).

5.7. Lagunas de conocimiento

Este informe revela una serie de avances científicos, técnicos y políticos vinculados con la relación entre el cambio climático y la biodiversidad en los países iberoamericanos. Sin embargo, aún quedan muchas brechas por llenar. Creemos que se pueden clasificar en cuatro grandes categorías:

- Las políticas habituales (*business-as-usual*) de conservación de la biodiversidad (por ejemplo, áreas protegidas, restauración del ecosistema) pueden ser más beneficiosas para la misma biodiversidad y para la sociedad en su conjunto si consideran medidas que mejoren la adaptación social al cambio climático.
- Las políticas de mitigación climática (por ejemplo, relacionadas con la reducción del consumo de combustibles fósiles y uso de energía) pueden ganar valor adaptativo si incorporan componentes basados en la naturaleza.
- La interfaz ciencia-política necesita intensificar el diálogo para que las soluciones científicas estén más fácilmente disponibles para los responsables de la toma de decisiones, y también para que los científicos sean conscientes de lo que necesitan las políticas.
- Las lagunas científicas incluyen brechas de información (por ejemplo, las estrategias nacionales de biodiversidad con frecuencia prestan poca atención a la necesidad de apoyar la digitalización y el mantenimiento de las colecciones biológicas; Cavender-Bares *et al.,* 2018), brechas de conocimiento (por ejemplo, efectos del cambio climático en las interacciones, y en la genética y la evolución, insuficiencia de estudios empíricos, escasez de investigaciones sobre las relaciones entre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el bienestar humano), brechas en los ecosistemas (por ejemplo, los estudios sobre la biodiversidad de agua dulce están subrepresentados) y la colaboración y el intercambio (por ejemplo, sobre todo teniendo en cuenta que muchas soluciones se desarrollan a nivel local y a menudo no son conocidas por otras localidades).

5.8. Conclusiones

En los países iberoamericanos, la biodiversidad y los ecosistemas están en riesgo debido al cambio climático. El riesgo va más allá de grupos taxonómicos y ecosistemas específicos; también amenaza a los procesos ecológicos y a los mecanismos menos visibles, como los relacionados con la genética y la evolución. Los puntos de vulnerabilidad de la biodiversidad están repartidos por toda la región por las características intrínsecas de los organismos, la naturaleza de las interacciones interespecíficas o la especificidad del hábitat o del área de distribución de las especies. Sin embargo, una de las principales conclusiones del presente informe es que la biodiversidad puede desempeñar un papel fundamental en el desarrollo de soluciones adaptativas para que la sociedad haga frente al cambio climático. Los enfoques basados en los ecosistemas empiezan a formar parte de la agenda política, pero todavía requieren documentación, la realización de pruebas y un mayor desarrollo. Dada la abundante riqueza natural de los países iberoamericanos, el uso de la biodiversidad y los ecosistemas para adaptarse al cambio climático constituye una gran oportunidad que, una vez implementada, puede convertirse en un paso fundamental para la transición hacia la sostenibilidad.

Preguntas frecuentes

1. ¿Puede la biodiversidad ayudar a las sociedades a adaptarse al cambio climático?

Sí, la biodiversidad ayuda a las sociedades a adaptarse al cambio climático en tres ejes. A nivel de los ecosistemas, la biodiversidad sustenta la seguridad del agua, los alimentos, el clima y la energía. En ese sentido, en los países iberoamericanos y en otros lugares, la adaptación al cambio climático basada en los ecosistemas se ha convertido en una opción importante para las intervenciones adaptativas. A nivel de las especies, la biodiversidad, si se gestiona bien, puede mejorar los medios de vida creando opciones relacionadas con la producción de alimentos, el turismo y la cultura en su conjunto. A nivel genético, la biodiversidad se adapta a menudo a los cambios, pero esos procesos todavía son poco conocidos por la ciencia.

2. ¿Son las áreas protegidas útiles para la mitigación o la adaptación al cambio climático?

Sí, las áreas protegidas son potencialmente útiles para ambas. La vegetación captura y almacena CO_2 y otros gases de efecto invernadero, y, por lo tanto, es importante para la mitigación del cambio climático. Como se señala en la pregunta 1, la biodiversidad protegida dentro de áreas protegidas puede ser clave para la adaptación al cambio climático siempre que se le permita mejorar los sustentos de vida y aumentar la seguridad de las sociedades a nivel local y más allá.

3. ¿Qué grupos de especies son más vulnerables al cambio climático?

Hay cada vez más evidencias de que algunos grupos de especies son más vulnerables al cambio climático que otros. Grupos como los anfibios, reptiles y corales son reconocidos por su vulnerabilidad. Las especies raras también son más vulnerables que las especies comunes. Las especies de gran altitud suelen ser más sensibles que otras a la variación climática y, por lo tanto, son más vulnerables al cambio climático.

4. ¿Puede el declive de las especies debido al cambio climático afectar a los medios de vida y al bienestar de las personas?

Sí, algunas especies son importantes para varios aspectos de la vida social a nivel local: economía, cultura, religión, ocio. El declive debido al cambio climático puede dañar directamente uno o más de dichos aspectos y aumentar la vulnerabilidad y el riesgo para la sociedad local e incluso mundial.

5. ¿Qué es la adaptación al cambio climático basada en los ecosistemas?

Existen varias definiciones del concepto, pero la oficial proviene del Convenio sobre la Diversidad Biológica: «La utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas (BSE) como parte de una estrategia global de adaptación para ayudar a la gente a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático».

Agradecimientos

JC agradece el apoyo de la Universidad de Costa Rica. MTKA agradece el apoyo de los proyectos PIA CCTE AFB170008 y FONDECYT. 1189454 (MTKA) del MICITEC, Chile. APFP agradece el apoyo de lo proyecto APQ1 - 2019 FAPERJ (249778).

Bibliografía

Agrawal, A. y M.C. Lemos, 2015: Adaptive development. *Nat. Clim. Change,* 5, 186-187.

Aguiar, L.M.S., E. Bernard, V. Ribeiro, R.B. Machado y G. Jones, 2016: Should I stay or should I go? Climate change effects on the future of Neotropical savannah bats. *Glob. Ecol. Conserv.,* 5, 22-33.

Alarcón, D. y L.A. Cavieres, 2015: In the right place at the right time: habitat representation in protected areas of South American *Nothofagus*-dominated plants after a dispersal constrained climate change scenario. *Plos One*, 10(3), e0119952.

Alroy, J., 2015: Current extinction rates of reptiles and amphibians. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA,* 112(42), 13003-13008.

Anadón, J.D., O.E. Sala y F.T. Maestre, 2014: Climate change will increase savannas at the expense of forests and treeless vegetation in tropical and subtropical Americas. *J. Ecol.,* 102, 1363-1373.

Anderson, E.P., J. Marengo, R. Villalba, S. Halloy, B. Young, D. Cordero, F. Gast, E. Jaimes y D. Ruiz, 2011: Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the Tropical Andes. En: *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes* [Herzog, S.K., R. Martínez, P.M. Jórgensen y H. Tiessen (eds.)]. Interamerican Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment, pp. 1-18.

Arroyo, M.T.K. y L.A. Cavieres, 2013: High Andean ecosystems. En: *Encyclopedia of Biodiversity, 2nd Edition* [Levin, S. (ed)]. Academic Press, New York, pp. 90-110.

Arroyo, M.T.K., J.J. Armesto y R.B. Primack, 1985: Community studies in pollination ecology in the high temperate Andes of central Chile. II. Effect of temperature and visitation rates and pollination possibilities. *Pl. System. Evol.,* 149, 187-203.

Arroyo, M.T.K., D. Pacheco y L. Dudley, 2017: Functional role of long-lived flowers in preventing pollen limitation in a high-elevation outcrossing species. *AoB Plants,* 9(6), 1 de noviembre de 2017, plx050.

Assis, J., N.C. Coelho, T. Lamy, M. Valero, F. Alberto y E.A. Serrão, 2016: Deep reefs are climatic refugia for genetic diversity of marine forests. *J. Biogeogr.,* 43, 833-844.

Aukema, J.E., N.G. Pricope, G.J. Husak y D. Lopez-Carr, 2017: Biodiversity areas under threat: overlap of climate change and population pressures on the world's biodiversity priorities. *Plos One,* 12(1), e0170615.

Azevedo-Santos, V.M., R.G. Frederico, C.K. Fagundes, P.S. Pompeu, F.M. Pelicice, A.A. Padial, M.G. Nogueira, P.M. Fearnside, L.B. Lima, V.S. Daga, F.J.M. Oliveira, J.R.S. Vitule, M. Callisto, A.A. Agostinho, F.A. Esteves, D.P. Lima-Junior, A.L.B. Magalhães, J. Sabino, R.P. Mormul, D. Grasel, J. Zuanon, F.S. Vilella y R. Henry, 2019: Protected areas: A focus on Brazilian freshwater biodiversity. *Divers. Distrib.,* 25, 442-448.

Balch, J.K., P.M. Brando, D.C. Nepstad, M.T. Coe, D. Silvério, T.J. Massad, E.A. Davidson, P. Lefebvre, C. Oliveira-Santos, W. Rocha, R.T.S. Cury, A. Parsons y K.S. Carvalho, 2015: The susceptibility of southeastern Amazon forests to fire: insights from a large-scale burn experiment. *Bioscience,* 65(9), 893-905.

Barcelona City Council, 2013: *Barcelona Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020.* Environmental and Urban Services, Urban Habitat Department, Barcelona.

Baró, F., L. Chaparro, E. Gómez-Baggethun, J. Langemeyer, D.J. Nowak y J. Terradas, 2014: Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio*, 43, 466-479.

Bedia, J., S. Herrera, J.M. Gutiérrez, A. Benali, S. Brands, B. Mota y J.M. Moreno, 2015: Global patterns in the sensitivity of burned area to fire-weather: Implications for climate change. *Agric. For. Meteorol.,* 214-215, 369-379.

Béllard, C., C. Leclerc, B. Leroy, M. Bakkenes, S. Veloz, W. Thuiller y F. Courchamp, 2014: Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Glob. Ecol. Biogeogr.,* 23, 1376-1386.

Benito Garzon, M., R. Sanchez de Dios y H. Sainz Ollero, 2008: Effects of climate change on the distribution of Iberian tree species. *Appl. Veg. Sci.,* 11(2), 169-178.

Bernard, E., L.A.O. Penna y E. Araújo, 2014: Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. *Conserv. Biol.,* 28(4), 939-950.

Berry, P.M., S. Brown, M. Chen, A. Kontogianni, O. Rowlands, G. Simpson y M. Skourtos, 2015: Cross-sectoral interactions of adaptation and mitigation measures. *Climatic Change,* 128 (3-4), 381-393.

Birkmann, J., R. Licker, M. Oppenheimer, M. Campos, R. Warren, G. Luber, B. O'Neill y K. Takahashi, 2014: A selection of hazards, key vulnerabilities, key risks, and emergent risks identified in the WGII contribution to the Fifth Assessment Report. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White

(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 113-121.

Botzat, A., L.K. Fischer e I. Kowarik, 2016: Unexploited opportunities in understanding liveable and biodiverse cities. A review on urban biodiversity perception and valuation. *Glob. Environ. Chang.,* 39, 220-23.

Bourne, A., S. Holness, P. Holden, S. Scorgie, C.I. Donatti y G. Midgley, 2016: A socio-ecological approach for identifying and contextualising spatial ecosystem-based adaptation priorities at the sub-national level. *Plos One*, 11(5), e0155235.

Breitburg, D., L.A Levin, A. Oschlies, M. Grégoire, F.P. Chavez, D.J. Conley, V. Garçon, D. Gilbert, D. Gutiérrez, K. Isensee, G.S. Jacinto, K.E. Limburg, I. Montes, S.W.A. Naqvi, G.C. Pitcher, N.N. Rabalais, M.R. Roman, K.A. Rose, B.A. Seibel, M. Telszewski, M. Yasuhara y J. Zhang, 2018: Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science,* 359, 46.

Brink, E., T. Aalders, D. Adam, R. Feller, Y. Henselek, A. Hoffmann, K. Ibe, A. Matthey-Doret, M. Meyer, N.L. Negrut, A.-L. Rau, B. Riewerts, L. von Schuckmann, S. Törnros, H. von Wehrden, D.J. Abson y C. Wamsler, 2016: Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Glob. Environ. Chang.,* 36, 111-123.

Butt, N., D.F. Shanahan, N. Shumway, S.A. Bekessy, R.A. Fuller, J.E.M. Watson, R. Maggini y D.G. Hole, 2018. Opportunities for biodiversity conservation as cities adapt to climate change. *Geo Geography and Environment,* 5(1), e00052.

Cai, Y., T.M. Lenton y T.S. Lontzek, 2016: Risk of multiple interacting tipping points should encourage rapid CO_2 emission reduction. *Nat. Clim. Change,* 6, 520-525.

Capon, S.J., A.J.J. Lynch, N. Bond, B.C. Chessman, J. Davis, N. Davidson, M. Finlayson, P.A. Gell, D. Hohnberg, C. Humphrey, R.T. Kingsford, D. Nielsen, J.R. Thomson, K. Ward y R. MacNally, 2015: Regime shifts, thresholds and multiple stable states in freshwater ecosystems; a critical appraisal of the evidence. *Sci. Total Environ.,* 534, 122-130.

Carpenter, S.R., B.J. Benson, R. Biggs, J.W. Chipman, J.A. Foley, S.A. Golding, R.B. Hammer, P.C. Hanson, P.T.J. Johnson, A.M.Y.M. Kamarainen, T.K. Kratz, R.C. Lathrop, K.D. McMahon, B. Provencer, J.A. Rusak, C.T. Solomon, E.H. Stanley, M.G. Turner, M.J. van der Zanden, C.H. Wu y H. Yuan, 2007: Understanding regional change: A comparison of two Lake Districts. *Bioscience,* 57, 323-335.

Carpio, A.J., J.A. Barasona, J. Guerrero-Casado, J. Oteros, F.S. Tortosa y P. Acevedo, 2017: An assessment of conflict areas between alien and native species richness of terrestrial vertebrates on a macroecological scale in a Mediterranean hotspot. *Anim Conserv,* 20(5), 433-443.

Carro, I., L. Seijo, G.J. Nagy, X. Lagos y O. Gutierrez, 2018: Building capacity on ecosystem based adaptation strategy to cope with extreme events and sea-level rise on the Uruguayan coast. *Int. J. Clim. Chang. Str. Manage.,* 10(4), 504-522.

Cavender-Bares, J., M.T.K. Arroyo, R. Abell, D. Ackerly, D. Ackerman, M. Arim, J. Belnap, F. Castañeda Moya, L. Dee, N. Estrada-Carmona, J. Gobin, F. Isbell, G. Köhler, M. Koops, N. Kraft, N. Macfarlane, C. Martínez-Garza, J.P. Metzger, A. Mora, M. Oatham, A. Paglia, J. Pedrana, P.L. Peri, G. Piñeiro, R. Randall, W. Walker Robbins, J. Weis y S.R. Ziller, 2018: Status, trends and future dynamics of biodiversity and ecosystems underpinning nature's contributions to people. En: *The IPBES Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for the Americas* [Rice, J., C.S. Seixas, M.E. Zaccagnini, M. Bedoya-Gaitán y N. Valderrama N. (eds.)]. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, pp. 171-293.

Cavieres, L.A., C. Hernández-Fuentes y G. Valencia, 2019: Calentamiento global y sus efectos en plantas de alta-montaña en Chile central. En: *La Vulnerabilidad de los Organismos al Cambio Climático: Rol de la Fisiología y la Adaptación* [Borsinovic, F. y L.A. Cavieres (eds.)]. CAPES and IEB, Santiago, pp. 73-89.

CBD, 2009: *Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation.* Secretariat of the Convention of Biological Diversity, Montréal, Canada.

CBD, 2014: *Global Biodiversity Outlook 4.* Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal, Canada.

Ceballos, G., P.R. Ehrlich, A.D. Barnosky, A. García, R.M. Pringle y T.M. Palmer, 2015: Accelerated modern human–induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci. Adv.,* 1, e1400253.

Charity, S., N. Dudley, D. Oliveira y S. Stolton (eds.), 2016: *Living Amazon Report 2016: A regional approach to conservation in the Amazon.* WWF Living Amazon Initiative, Brasília y Quito.

Classen, A.T., M.K. Sundqvist, J.A. Henning, G.S. Newman, J.A.M. Moore, M.A. Cregger, L.C. Moorhead y C.M. Patterson, 2015: Direct and indirect effects of climate change on soil microbial and soil microbial-plant interactions: What lies ahead? *Ecosphere,* 6(8), 130.

Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen y S. Maginnis, 2016: *Nature-based solutions to address societal challenges.* International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.

Cohen-Shacham, E., A. Andrade, J. Dalton, N. Dudley, M. Jones, C. Kumard, S. Maginnis, S. Maynard, C.R. Nelson, F.G. Renaud, R. Welling y G. Walters, 2019: Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environ. Sci. Pol.,* 98, 20-29.

Climate-ADAPT, 2019: *The European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT.* European Commission and the European Environment Agency. Sitio web consultado en 2019, https://climate-adapt.eea.europa.eu

CONAF, 2017: *Análisis de la Afectación y Severidad de los Incendios Forestales ocurridos en Enero y Febrero de 2017 sobre los Usos de Suelo y los Ecosistemas Naturales presentes entre las Regiones de Coquimbo y Los Ríos de Chile.* Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. Disponible en: http://www.conaf.cl/tormenta_de_fuego-2017

Custodio, E., 2017: *Salinización de las aguas subterráneas en los acuíferos costeros mediterráneos e insulares españoles*. Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC Jordi, Barcelona, España.

Dangles, O., A. Rabatel, M. Kraemer, G. Zeballos, A. Soruco, D. Jacobsen y F. Anthelme, 2017: Ecosystem sentinels for climate change? Evidence of wetland cover changes over the last 30 years in the tropical Andes. *Plos One,* 12(5), e0175814.

Dangles, O., J. Loirat, C. Freour, S. Serre, J. Vacher y X. Le Roux, 2016: Research on biodiversity and climate change at a distance: Collaboration networks between Europe and Latin America and the Caribbean. *PLoS One*, 11(6), e0157441.

Dantas-Torres, F., 2015: Climate change, biodiversity, ticks and tick-bornediseases: The butterfly effect. *Int. J. Parasitol. Parasites Wildl.,* 4, 452-461.

Descombes, P., M.S. Wisz, F. Leprieur, V. Parravicini, C. Heine, S.M. Olsen, D. Swingedouw, D. Kulbicki, D. Mouillot y L. Pellissier, 2015:

Forecasted coral reef decline in marine biodiversity hotspots under climate change. *Glob. Change Biol.,* 21(7), 2479-2487.

De Vos, J.M., L.N. Joppa, J.L. Gittleman, P.R. Stephens y S.L. Pimm, 2015: Estimating the normal background rate of species extinction. *Conserv. Biol.,* 29(2), 452-462.

Dias, T.C.A.C., A.C. Cunha y J.M.C. Silva, 2016: Return on investment of the ecological infrastructure in a new forest frontier in Brazilian Amazonía. *Biol. Conserv.,* 194, 184-193.

Doswald, N. y M. Estrella, 2015: *Promoting Ecosystems for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation.* UNEP Discussion Paper. Sitio web consultado el 3 de noviembre de 2018, https://wedocs.unep. org/handle/20.500.11822/14071

Duarte, C.M., I.J. Losada, I.E. Hendriks, I. Mazarrasa y N. Marbà, 2013: The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nat. Clim. Change,* 3, 961-968.

Duncan, C., J.R. Thompson y N. Pettorelli, 2015: The quest for a mechanistic understanding of biodiversity – ecosystem services relationships. *Proc. R. Soc. B.,* 282, 20151348.

Duguma, L.A., S.W. Wambugu, P.A. Minang y M. van Noordwijk, 2014: A systematic analysis of enabling conditions for synergy between climate change mitigation and adaptation measures in developing countries. *Environ. Sci. Pol.,* 42, 138-148.

Elias, M.A.S., F.J.A. Borges, L.L. Bergamini, E.V. Franceschinelli y E.R. Sujii, 2017: Climate change threatens pollination services in tomato crops in Brazil. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 239, 257-264.

Estrada-Peña, A., R.S. Ostfeld, A.T. Peterson, R. Poulin y J. de la Fuente, 2014: Effects of environmental change on zoonotic disease risk: an ecological primer. *Trends Parasitol.,* 30(4), 205-214.

Esquivel-Muelbert, A., A.C.Bennett, M.J.P. Sullivan, J.C.A. Baker, Y. Gavish, M.O. Johnson, Y. Wang, A. Chambers-Ostler, M.L. Giannichi, L. Gomes, M. Kalamandeen, K.C. Pattnayak y S. Fauset, 2019: A spatial and temporal risk assessment of the impacts of El Niño on the tropical forest carbon cycle: theoretical framework, scenarios, and implications. *Atmosphere,* 10, 588.

Faivre, N., M. Fritz, T. Freitas, B. de Boissezon y S. Vandewoestijne, 2017: Nature-based solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environ. Res.,* 159, 509-518.

Faleiro, F.A.V.M., A. Nemésio y R. Loyola, 2018: Climate change likely to reduce orchid bee abundance even in climatic suitable sites. *Glob. Change Biol.,* 24(6), 2272-2283.

Fatori, S., R. Morén-Alegret, R.J. Niven y G. Tan, 2017: Living with climate change risks: stakeholders' employment and coastal relocation in mediterranean climate regions of Australia and Spain. *Environ. Syst. Decis.,* 37(3), 276-288.

Feuchtmayr, H., R. Moran, K. Hatton, L. Connor, T. Heyes, B. Moss, I. Harvey y D. Atkinson, 2009: Global warming and eutrophication: Effects on water chemistry and autotrophic communities in experimental hypertrophic shallow lake mesocosms. *J. Appl. Ecol.,* 46, 713-723.

Feeley, K.J. y M. Silman, 2016: Disappearing climates may limit the efficacy of Amazonían protected areas in a warming world. *Divers. Distrib.*, 22, 1081-1084.

Ferro, V.G., P. Lemes, A.S. Melo y R. Loyola, 2014: The reduced effectiveness of protected areas under climate change threatens Atlantic forest tiger moths. *Plos One,* 9, e107792.

Fisher, J.A., G. Patenaude, G. Kalpana, K. Lewis, P. Meir, P. Pinho, M.D.A. Rounsevell y M. Williams, 2014: Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: a conceptual framework. *Ecosyst. Serv.,* 7, 34-45.

Flores López, H.E., Á.A. Chávez Durán, J.A. Ruíz Corral, C. de la Mora Orozco y V.M. Rodríguez Moreno, 2016: Efecto del cambio climático sobre las zonas de riesgo por marchitez en el Agave tequilana Weber variedad Azul en Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* 13, 2497-2510.

Fraga, H., I.G.C. Atauri, A.C. Malheiro, J. Moutinho-Pereira y J.A. Santos, 2017: Viticulture in Portugal: A review of recent trends and climate change projections. *OENO One,* 51(2), 61-69.

Gattuso, J.-P. y L. Hansson (eds.), 2011: *Ocean Acidification.* Oxford University Press, Oxford.

Geneletti, D. y L. Zardo, 2016: Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans. *Land Use Pol.,* 50, 38-47.

Giannini, T.C., L.R. Tambosi, A.L. Acosta, R. Jaffé, A.M. Saraiva, V.L. Imperatriz-Fonseca y J.P. Metzger, 2015: Safeguarding ecosystem services: A methodological framework to buffer the joint effect of habitat configuration and climate change. *Plos One*, 10(6), e0129225.

Glynn, P.W., A.B. Mones, G.P. Podestá, A. Colbert y M.W. Colgan, 2017: El Niño-Southern Oscillation: Effects on Eastern Pacific coral reefs and associated biota. En: *Coral Reefs of the Eastern Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment* [Glynn, P.W., D. Manzello e I. Enochs (eds.)]. Springer Science+Business Media, Dordrecht, pp. 251-290.

Godoy, M.D.P. y L.D. Lacerda, 2015: Mangroves response to climate change: a review of recent findings on mangrove extension and distribution. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 87(2), 651-667.

Gómez, J.M., A. González-Megías, J. Lorite, M. Abdelaziz y F. Perfectti, 2015: The silent extinction: climate change and the potential hybridization-mediated extinction of endemic high-mountain plants. *Biodivers. Conserv.,* 24(8), 1843-1857.

Gordo, O. y J. J. Sanz, 2005: Phenology and climate change: A long-term study in a Mediterranean locality. *Oecologia,* 146, 484-495.

Goulart, F., Á.L. Galán, E. Nelson y B. Soares-Filho, 2018: Conservation lessons from Cuba: Connecting science and policy. *Biol. Conserv.,* 217, 280-288.

Guiot, J. y W. Cramer, 2016. Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and Mediterranean basin ecosystems. *Science,* 354 (6311), 465-468.

Hamaoui-Laguel, L., R. Vautard, L. Liu, F. Solmon, N. Viovy, D. Khvorostyanov, F. Essl, I. Chuine, A. Colette, M.A. Semenov, A. Schaffhauser, J. Storkey, M.Thibaudon y M.M. Epstein, 2015. Effects of climate change and seed dispersal on airborne ragweed pollen loads in Europe. *Nat. Clim. Change,* 5, 766-771.

Harvey, C.A., M. Chacon, C.I. Donatti, E. Garen, L. Hannah, A. Andrade, L. Bede, D. Brown, A. Calle, J. Chara, C. Clement, E. Gray, M.H. Hoang, P. Minang, A.M. Rodríguez, C. Seeberg-Elverfeldt, B. Semroc, S. Shames, S. Smukler, E. Somarriba, E. Torquebiau, J. van Etten y E. Wollenberg, 2014: Climate-smart landscapes: opportunities and challenges for integrating adaptation and mitigation in tropical agriculture. *Conserv. Lett.,* 7(2), 77-90.

Herrera-Pérez, L., E. Valtierra-Pacheco, I. Ocampo-Fletes, M.A. Tornero-Campante, J.A. Hernández-Plascencia y R. Rodríguez-Macías, 2017: Prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* Weber bajo dos sistemas

de cultivo en Tequila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.,* 18, 3711-3724.

Hoffmann, D., M.F. Vasconcelos y R.P. Martins, 2015: How climate change can affect the distribution range and conservation status of an endemic bird from the highlands of eastern Brazil: the case of the gray-backed Tachuri, *Polystictus superciliaris* (Aves, Tyrannidae). *Biota Neotropica,* 15(2), 1-12.

Holmgren, M. y M. Scheffer, 2001: El Niño as a window of opportunity for the restoration of degraded arid ecosystems. *Ecosystems,* 4, 151-159.

Holzer, J.M., M.C. Adamescu, F.J. Bonet-García, R. Díaz-Delgado, J. Dick, J.M. Grove, R. Rozzi y D.E. Orenstein, 2018: Negotiating local versus global needs in the International Long Term Ecological Research Network's socio-ecological research agenda. *Environ. Res. Lett.,* 13, 105003.

Hughes, T.P., M.L. Barnes, D.R. Bellwood, J.E. Cinner, G.S. Cumming, J.B.C. Jackson, J. Kleypas, I.A. van de Leemput, J.M. Lough, T.H. Morrison, S.R. Palumbi, E.H. van Nes y M. Scheffer, 2017: Coral reefs in the Anthropocene. *Nature,* 546, 82-90.

Hughes, T.P., J.T. Kerry, A.H. Baird, S.R. Connoly, T.J. Chase, A. Dietzel, T. Hill, A.S. Hoey, M.O. Hoogenboom, M. Jacobson, A. Kerswell, J.S. Madin, A. Mieog, A.S. Paley, M.S. Pratchett, G. Torda y R.M. Woods, 2019: Global warming impairs stock–recruitment dynamics of corals. *Nature,* 568, 387-390.

Ingalls, M.L. y M.B. Dwyer, 2016: Missing the forest for the trees? Navigating the trade-offs between mitigation and adaptation under REDD. *Climatic Change,* 136(2), 353-366.

IPBES, 2018a: Summary for policymakers. En: *The Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* [Rice, J., C.S. Seixas, M.E. Zaccagnini, M. Bedoya-Gaitán, N. Valderrama, C.B. Anderson, M.T.K. Arroyo, M. Bustamante, J. Cavender-Bares, A. Diaz-de-Leon, S. Fennessy, J.R. García Márquez, K. Garcia, E.H. Helmer, B. Herrera, B. Klatt, J.P. Ometo, V. Rodríguez Osuna, F.R. Scarano, S. Schill y J. S. Farinaci (eds.)]. IPBES Secretariat, Bonn, Germany. 41 pp.

IPBES, 2018b: Summary for policymakers. En: *The Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Central Asia of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* [Fischer, M., M. Rounsevell, A. Torre-Marin Rando, A. Mader, A. Church, M. Elbakidze, V. Elias, T. Hahn, P.A. Harrison, J. Hauck, B. Martín-López, I. Ring, C. Sandström, I. Sousa Pinto, P. Visconti, N.E. Zimmermann y M. Christie (eds.)]. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 48 pp.

IPBES, 2018c: Summary for policymakers. En: *The Assessment Report on Land Degradation and Restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* [Scholes, R., L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T.G. Holland, F. Kohler, J.S. Kotiaho, G. von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M.D. Potts, S. Prince, M. Sankaran y L. Willemen (eds.)]. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 44 pp.

IPBES, 2019: Summary for policymakers. En: *The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* [Brondizio, E.S., J. Settele, S. Díaz y H.T. Ngo (eds.)]. IPBES Secretariat, Bonn, Germany.

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC, 2014: Summary for policymakers. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-32.

IPCC, 2018: Summary for policymakers. En: *Special Report 1.5. Intergovernmental Panel on Climate Change* [Allen, M., M. Babiker, Y. Chen, H. de Coninck, S. Connors, R. van Diemen, O.P. Dube, K. Ebi, F. Engelbrecht, M. Ferrat, J. Ford, P. Forster, S. Fuss, T. Guillen, J. Harold, O. Hoegh-Guldberg, J.-C. Hourcade, D. Huppmann, D. Jacob, K. Jiang, T.G. Johansen, M. Kainuma, K. de Kleijne, E. Kriegler, D. Ley, D. Liverman, N. Mahowald, V. Masson-Delmotte, R. Matthews, R. Melcher, R. Millar, K. Mintenbeck, A. Morelli, W. Moufouma-Okia, L. Mundaca, M. Nicolai, C. Okereke, M. Pathak, A. Payne, R. Pidcock, A. Pirani, E. Poloczanska, H.-O. Pörtner, A. Revi, K., Riahi, D.C. Roberts, J. Rogelj, J. Roy, S. Seneviratne, P.R.Shukla, J. Skea, R. Slade, D. Shindell, C. Singh, W. Solecki, L. Steg, M. Taylor, P. Tschakert, H. Waisman, R. Warren, P. Zhai y K. Zickfeld (eds.)]. En prensa. Borrador disponible en: http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf

IPCC, 2019a: Summary for policymakers. En: *IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems* [Arneth, A., H. Barbosa y T. Benton *et ál.* (eds.)]. En prensa. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf

IPCC, 2019b: Summary for Policymakers. En: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Pörtner, H.-O., D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama y N. Weyer (eds.)]. En prensa. Disponible en: https://www.ipcc.ch/srocc/download-report/

Janse, J.H., J.J. Kuiper, M.J. Weijters, E.P. Westerbeek, M.H.J.L. Jeuken, M. Bakkenes, R. Alkemade, W.M. Mooij y J.T.A. Verhoeven, 2015: GLOBIO-Aquatic, a global model of human impact on the biodiversity of inland aquatic ecosystems. *Environ. Sci. Pol.,* 48, 99-114.

Jantz, S.M., B. Barker, T.M. Brooks, L.P. Chini, Q. Huang, R.M. Moore, J. Noel y G.C. Hurtt, 2015: Future habitat loss and extinctions driven by land-use change in biodiversity hotspots under four scenarios of climate-change mitigation. *Conserv. Biol.,* 29(4), 1122-1131.

Joly, C., J.P. Metzger y M. Tabarelli, 2014: Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytol.,* 204, 459-473.

Jones, H.P., D.G. Hole y E.S. Zavaleta, 2012: Harnessing nature to help people adapt to climate change. *Nat. Clim. Change,* 2(7), 504-509.

Juhola, S., E. Glaas, B.-O. Linnér y T.-S. Neset, 2016: Redefining maladaptation. *Environ. Sci. Pol.,* 55, 135-140.

Jump, A.S., J. Peñuelas, L. Rico, E. Ramallo, M. Estiarte, J.A. Martínez-Izquierdo y F. Lloret, 2008: Simulated climate change provokes rapid genetic change in the Mediterranean shrub. *Fumana thymifolia*. *Glob Chang Biol.,* 14, 637-643.

Kabisch, N., N. Frantzeskaki, S. Pauleit, S. Naumann, M. Davis, M. Artmann, D. Haase, S. Knapp, H. Korn, J. Stadler, K. Zaunberger y A. Bonn, 2016: Nature-based solutions to climate change mitigation

and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecol. Soc.,* 21(2), 39.

Kasecker, T.P., M.B. Ramos-Neto, J.M.C. da Silva y F.R. Scarano, 2018: Ecosystem-based adaptation to climate change: defining hotspot municipalities for policy design and implementation in Brazil. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.,* 23(6), 981-993.

Keith, D.A., M. Mahony, H. Hines, J. Elith, T.J. Regan, J.B. Baumgartner, D. Hunter, G.W. Heard, N.J. Mitchell, K.M. Parris, T. Penman, B. Scheele, C.C. Simpson, R. Tingley, C.R. Tracy, M. West y H.R. Akçakaya, 2015: Detecting extinction risk from climate change by IUCN Red List criteria. *Conserv. Biol.,* 28(3), 810-819.

Kleypas, J.A. y K.K. Yates, 2009: Coral reefs and ocean acidification. *Oceanography,* 22, 108-117.

Kosten, S., M. Vernoij, E.H. Van Nes, M. de L.Á.G. Sagrario, J.G.P.W. Clevers y M. Scheffer, 2012: Bimodal transparency as an indicator for alternative states in South American lakes. *Freshwater Biol.,* 57, 1191-1201.

Krchnak, K.M. y L. Barrera, 2013: Promoting ecosystem health and conservation through water cooperation: lessons learned. En: Cooperation for a Water Wise World [Jägerskog, A., T.J. Clausen, K. Lexén y T. Holmgren (eds.)]. Informe n.º 32, SIWI, Stockholm, pp. 16-20.

Laue, A.E. y E.Y. Arima, 2016: What drives downsizing of protected areas? A case study of Amazon National Park. *J. Lat. Amer. Geogr.,* 15, 7-31.

Laurance, W.F., 2015: Emerging threats to tropical forests. *Ann. Mo. Bot. Gard.,* 100(3), 159-169.

Leadley, P., V. Proença, J. Fernández-Manjarrés, H.M. Pereira, R. Alkemade, R. Biggs, E. Bruley, W. Cheung, D. Cooper, J. Figueiredo, E. Gilman, S. Guénette, G. Hurtt, C. Mbow, T. Oberdorff, C. Revenga, J.P.W. Scharlemann, R. Scholes, M. Stafford-Smith, R. Sumaila, and M. Walpole, 2014: Interacting regional-scale regime shifts for biodiversity and ecosystem services. *Bioscience,* 64(8), 665-679.

Lemos, M.C., Y.-J. Lob, D.R. Nelson, H. Eakin y A.M. Bedran-Martins, 2016: Linking development to climate adaptation: Leveraging generic and specific capacities to reduce vulnerability to drought in NE Brazil. *Glob. Environ. Chang.,* 39, 170-179.

Liu, J., V. Hull, J. Luo, W. Yang, W. Liu, A. Viña, C. Vogt, Z. Xu, H. Yang, J. Zhang, L. An, X. Chen, S. Li, Z. Ouyang, W. Xu y H. Zhang, 2015: Multiple telecouplings and their complex interrelationships. *Ecol. Soc.,* 20(3), 44.

Liu, J., V. Hull, J. Luo, W. Yang, W. Liu, A. Viña, C. Vogt, Z. Xu, H. Yang, J. Zhang, L. An, X. Chen, S. Li, Z. Ouyang, W. Xu y H. Zhang, 2016: Human-nature interactions over distances. En: *Pandas and People* [Liu, J., V. Hull, W. Yang, A. Viña, X. Chen, Z. Ouyang y H. Zhang (eds.)]. Oxford University Press, Oxford, pp. 218-239.

Locatelli, B., V. Evans, A. Wardell, A. Andrade y R. Vignola, 2011: Forest and climate change in Latin America: linking adaptation and mitigation. *Forests,* 2, 431-450.

Locatelli, B., C. Pavageau, E. Pramova y M. Di Gregorio, 2015: Integrating climate change mitigation and adaptation in agriculture and forestry: opportunities and trade-offs. *WIREs Clim Change,* 6, 585-598.

Losada, I.J., B.G. Reguero, F.J. Méndez, S. Castanedo, A.J. Abascal y R. Mínguez, 2013: Long-term changes in sea-level components in Latin America and the Caribbean. *Glob. Planet. Change,* 104, 34-50.

Loyola, R.D., P. Lemes, F.T. Brum, D.B. Provete y L.D.S. Duarte, 2014: Clade-specific consequences of climate change to amphibians in Atlantic Forest protected areas. *Ecography,* 37, 65-72.

Lucena, A.J., O.C. Rotunno Filho, L.F. Peres y J.R.A. France, 2012: A evolução da ilha de calor na region metropolitana do Rio de Janeiro. *Revista Geonorte,* Edição Especial 2, 2(5), 8-21.

Mace, G.M., K. Norris y A.H. Fitter, 2012: Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends Ecol. Evol.,* 27(1), 19-26.

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

Mantyka-Pringle, C.S., P. Visconti, M. Di Marco, T.G. Martin, C. Rondinini y J.R. Rhodes, 2015: Climate change modifies risk of global biodiversity loss due to land-cover change. *Biol. Conserv.,* 187, 103-111.

Marino, N.A.C., D.S. Srivastava, A.A.M. MacDonald, J.S. Leal, A.B.A. Campos y V.F. Farjalla, 2017: Rainfall and hydrological stability alter the impact of top predators on food web structure and function. *Glob. Change Biol.,* 23, 673-685.

Martin, T.G. y J.E.M. Watson, 2016: Intact ecosystems provide best defence against climate change. *Nat. Clim. Change,* 6, 122-124.

Martins, I.S., V. Proença y H.M. Pereira, 2014: The unusual suspect: land use is a key predictor of biodiversity patterns in the Iberian Peninsula. *Acta Oecologica,* 61, 41-50.

Martínez-Freiría, F., 2015: Assessing climate change vulnerability for the Iberian viper. *Vipera seoanei*. *Basic Appl. Herpetol.,* 29, 61-80.

Massardo, F. y R. Rozzi, 2006: *The World's Southernmost Ethnoecology: Yahgan Craftsmanship and Traditional Ecological Knowledge.* Ediciones Universidad de Magallanes, Punta Arenas.

McBreen. J., 2016: *Regional Assessment on Ecosystem-based Disaster Risk Reduction and Biodiversity in South America.* A report for the Resilience through Investing in Ecosystems – knowledge, innovation and transformation of risk management (RELIEF Kit) project. International Union for Conservation of Nature, Quito, Ecuador, 150 pp.

McDowell, N.G. y C.D. Allen, 2015: Darcy's law predicts widespread forest mortality under climate warming. *Nat. Clim. Change,* 5, 669-672.

McVittie, A., L. Cole, A. Wreford, A. Sgobbi y B. Yordi, 2017: Ecosystem-based solutions for disaster risk reduction: Lessons from European applications of ecosystem-based adaptation measures. *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, 32, 42-54.

Mercer, J., I. Kelman, B. Alfthan y T. Kurvits, 2012: Ecosystem-based adaptation to climate change in Caribbean small island developing states: integrating local and external knowledge. *Sustainability,* 4, 1908-1932.

MEA, 2005: Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis. *Millenium Ecosystem Assessment.* Washington DC.

Miraldo, A., S. Li, M.K. Borregaard, A. Flórez-Rodríguez, S. Gopalakrishnan, M. Rizvanovic, Z. Wang, C. Rahbek, K.A. Marske y D. Nogués-Bravo, 2016: An Anthropocene map of genetic diversity. *Science,* 353, 1532-1535.

Mittermeier, R.A., W.R. Turner, F.W. Larsen, T.M. Brooks y C. Gascon, 2011: Global biodiversity conservation: The critical role of hotspots.

En: *Biodiversity Hotspots* [Zachos. F.E. y J.C. Habel (eds.)]. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 3-22.

MMA, 2016: *Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas.* Ministério do Meio Ambiente, Brasilia, Brasil.

Morton, J.F., W. Solecki, P. Dasgupta, D. Dodman y M.G. Rivera-Ferre, 2014: Urban-rural interactions – context for climate change vulnerability, impacts and adaptation. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 153-155.

Munroe, R., N. Doswald, D. Roe, H. Reid, A. Giuliani, I. Castelli e I. Möller, 2011: *Does EbA work? A review of the evidence on the effectiveness of ecosystem-based approaches to adaptation.* IIED Policy Briefs.

Mycoo, M.A., 2018: Beyond 1.5 °C: vulnerabilities and adaptation strategies for Caribbean Small Island Developing States. *Reg. Environ. Change,* 18, 2341-2353.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca y J. Kent, 2000: Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature,* 403(6772), 853-858.

Nagy, G.J., O. Gutiérrez, E. Brugnoli, J.E. Verocai, M. Gómez-Erache, A. Villamizar, I. Olivares, U.M. Azeiteiro, W. Leal Filho y N. Amaro, 2019: Climate vulnerability, impacts and adaptation in Central and South America coastal areas. *Reg. Stud. Mar. Sci.,* 29, 100683.

Newsham, A., M.T. Pulido, M. Ulrichs, R.M. Cruz, X.C. Ocón, A. Shankland y T. Cannon, 2018: Ecosystems-based adaptation: Are we being conned? Evidence from Mexico. *Glob. Environ. Chang.,* 49, 14-26.

Niechayev, N.A., A.M. Jones, D.M. Rosenthal y S.C. Davis, 2018 A model of environmental limitations on production of *Agave americana* L. grown as a biofuel crop in semi-arid regions. *J. Exp. Bot.,* ery383.

Nogueira, E.M., A.M. Yanai, S.S. de Vasconcelos, P.M.L.A. Graça y P.M. Fearnside, 2018: Carbon stocks and losses to deforestation in protected areas in Brazilian Amazonía. *Reg. Environ. Change,* 18, 261-270.

Nowakowski, A.J., J.I. Watling, S.M. Whitfield, B.D. Todd, D.J. Kurz y M.A. Donnelly, 2016: Tropical amphibians in shifting thermal landscapes under land-use and climate change. *Conserv. Biol.,* 31(1), 96-105.

Ochoa-Hueso, R., S. Munzi, R. Alonso, M. Arróniz-Crespo, A. Avila, V. Bermejo, R. Bobbink, C. Branquinho, L. Concostrina-Zubiri, C. Cruz, R.C. de Carvalho, A. De Marco, T. Dias, D. Elustondo, S. Elvira, B. Estébanez, L. Fusaro, G. Gerosa, S. Izquieta-Rojano, M. Lo Cascio, R. Marzuoli, P. Matos, S. Mereu, J. Merino, L. Morillas, A. Nunes, E. Paoletti, L. Paoli, P. Pinho, I.B. Rogers, A. Santos, P. Sicard, C.J. Stevens y M.R. Theobald, 2017: Ecological impacts of atmospheric pollution and interactions with climate change in terrestrial ecosystems of the Mediterranean Basin: current research and future directions. *Environ. Pollut.,* 227, 194-206.

Ojea, E., 2015: Challenges for mainstreaming ecosystem-based adaptation into the international climate agenda. *Curr. Opin. Environ. Sustain.,* 14, 41-48.

Oliveira, G., M.B. Araújo, T.F. Rangel, D. Alagador y J.A.F. Diniz-Filho, 2012: Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. *Biodivers. Conserv.,* 21(11), 2913-2916.

Oliveira, G., M.S. Lima-Ribeiro, L.C. Terribile, R. Dobrovolski, M.P.C. Telles y J.A.F. Diniz-Filho, 2015: Conservation biogeography of the cerrado's wild edible plants under climate change: linking biotic stability with agricultural expansion. *Am. J. Bot.,* 102, 870-877.

Oliver, P., A. Clark, C. Meattle y B. Buchner, 2018: *Global Climate Finance: An Updated View 2018. Climate Policy Initiative Report.* Disponible en: https://climatepolicyinitiative.org/ publication/global-climate-finance-an-updated-view-2018/

Oliver, T.H. y M.D. Morecroft, 2014: Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities. *WIREs Clim Change,* 5, 317-335.

Oliver, T.H., M.S., Heard, N.J.B. Isaac, D.B. Roy, D. Procter, F. Eigenbrod, R. Freckleton, A. Hector, C.D.L. Orme, O.L. Petchey, V. Proença, D. Raffaelli, K.B. Suttle, G.M. Mace, B. Martín López, B.A. Woodcock y J.M. Bullock, 2015: Biodiversity and resilience of ecosystem functions. *Trends Ecol. Evol.,* 30(11), 673-684.

O'Neill, B.C., M. Oppenheimer, R. Warren, S. Hallegatte, R.E. Kopp, H.O. Pörtner, R. Scholes, J. Birkmann, W. Foden, R. Licker, K.J. Mach, P. Marbaix, M. Mastrandrea, J. Price, K. Takahashi, J.-P. van Ypersele y G. Yohe, 2017: IPCC reasons for concern regarding climate change risks. *Nat. Clim. Change,* 7, 28-37.

Owen, N.A., K.F. Fahy y H. Griffiths, 2016: Crassulacean acid metabolism (CAM) offers sustainable bioenergy production and resilience to climate change. *GCB Bioenergy,* 8, 737-749.

Pacifici, M., W.B. Foden, P. Visconti, J.E.M. Watson, S.H.M. Butchart, K.M. Kovacs, B.R. Scheffers, D.G. Hole, T.G. Martin, H.R. Akçakaya, R.T. Corlett, B. Huntley, D. Bickford, J.A. Carr, A.A. Hoffmann, G.F. Midgley, P. Pearce-Kelly, R.G. Pearson, S.E. Williams, S.G. Willis, B. Young y C. Rondinini, 2015: Assessing species vulnerability to climate change. *Nat. Clim. Change,* 5, 215-225.

Palter, J.B., T.L. Frölicher, D. Paynter y J.G. John, 2018: Climate, ocean circulation, and sea level changes under stabilization and overshoot pathways to 1.5K warming. *Earth Syst. Dynam.,* 9, 817-828.

Pant, L.P., B. Adhikari y K.K. Bhattarai, 2015: Adaptive transition for transformations to sustainability in developing countries. *Curr. Opin. Environ. Sustain.,* 14, 206-212.

Patiño, J., R.G. Mateo, F. Zanatta, A. Marquet, S.C. Aranda, P.A.V. Borges, G. Dirkse, R. Gabriel, J.M. Gonzalez-Mancebo, A. Guisan, J. Muñoz, M. Sim-Sim y A. Vanderpoorten, 2016: Climate threat on the Macaronesian endemic bryophyte flora. *Scientific Reports,* 6, 29156, DOI: 10.1038/srep29156

Pauchard, A., R.A. Garcia, E. Pena, C. Gonzalez, L.A. Cavieres y R.O. Bustamante, 2008: Positive feedbacks between plant invasions and fire regimes: *Teline monspessulana* (L.) K. Koch (Fabaceae) in central Chile. *Biol. Invasions,* 10(4), 547-553.

Pecl, G.T., M.B. Araujo, J. Bell, J. Blanchard, T.C. Bonebrake, I. Chen, T.D. Clark, R.K. Colwell, F. Danielsen, B. Evengård, L. Falconi, S. Ferrier, S. Frusher, R.A. Garcia, R. Griffis, A.J. Hobday, C. Janion-Scheepers, M.A. Jarzyna, S. Jennings, J. Lenoir, H.I. Linnetved, V.Y. Martin, P.C. McCormack, J. McDonald, N.J. Mitchell, T. Mustonen, J.M. Pandolfi, N. Pettorelli, E. Popova, S. Robinson, B.R. Scheffers, J.D. Shaw, C.J.B. Sorte, J.M. Strugnell, J.M. Sunday, M.-N. Tuanmu, A. Vergés, C. Villanueva, T. Wernberg, E. Wapstra y S.E. Williams, 2017. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science,* 355(6332), 1-9.

PECQ, 2011: *The Energy, Climate Change and Air Quality Plan of Barcelona 2011-2020.* Barcelona City Council, Barcelona.

Pilon, N.A.L., W.A. Hoffmann, R.C.R. Abreu y G. Durigan, 2018: Quantifying the short-term flowering after fire in some plant communities of a cerrado grassland. *Plant Ecology and Diversity,* 11(3), 259-266.

Pinsky, M.L., A.M. Eikeset, D.J. McCauley, J.L. Payne y J.M. Sunday, 2019: Greater vulnerability to warming of marine versus terrestrial ectotherms. *Nature,* 569, 108-111.

Pires, A.P.F., A.G. Amaral, M.C.G. Padgurschi, C.A. Joly y F.R. Scarano, 2018a: Biodiversity research still falls short of creating links with ecosystem services and human well-being in a global hotspot. *Ecosyst. Serv.,* 34, 68-73.

Pires, A.P.F., D.S. Srivastava, N.A.C. Marino, A.A.M. MacDonald, M.P. Figueiredo-Barros y V.F. Farjalla, 2018b: Interactive effects of climate change and biodiversity loss on ecosystem functioning. *Ecology,* 99, 1203-1213.

Pires, A.P.F., J. da S. Leal y E.T.H.M. Peeters, 2017a: Rainfall changes affect the algae dominance in tank bromeliad ecosystems. *Plos One,* 12, e0175436.

Pires, A.P.F., C.L. Rezende, E.D. Assad, R. Loyola y F.R. Scarano, 2017b: Forest restoration can increase the Rio Doce watershed resilience. *Perspect. Ecol. Conserv.,* 15, 187-193.

Pires, A.P.F., N.A.C. Marino, D.S. Srivastava y V.F. Farjalla, 2016: Predicted rainfall changes disrupt trophic interactions in a tropical aquatic ecosystem. *Ecology*, 97, 2750-2759.

Pliscoff, P., M.T.K. Arroyo y L. Cavieres, 2012: Changes in the main vegetation types of Chile predicted under climate change based on a preliminary study: models, uncertainties and adapting research to a dynamic biodiversity world. *Anal. Inst. Patag. (Chile),* 40(1), 81-86.

Poloczanska, E.S., C.J. Brown, W.J. Sydeman, W. Kiessling, D.S. Schoeman, P.J. Moore, K. Brander, J.F. Bruno, L.B. Buckley, M.T. Burrows, C.M. Duarte, B.S. Halpern, J. Holding, C.V. Kappel, M.I. O'Connor, J.M. Pandolfi, C. Parmesan, F. Schwing, S.A. Thompson y A.J. Richardson, 2013: Global imprint of climate change on marine life. *Nat. Clim. Change,* 3, 919-925.

Popova, E., A. Yool, V. Byfield, K. Cochrane, A.C. Coward, S.S. Salim, M.A. Gasalla, S.A. Henson y A.J. Hobday, 2016: From global to regional and back again: common climate stressors of marine ecosystems relevant for adaptation across five ocean warming hotspots. *Glob. Change Biol.,* 22, 2038-2053.

Pradhan, P., L. Costa, D. Rybski, W. Lucht y J.P. Kropp, 2017: A systematic study of Sustainable Development Goal (SDG) Interactions, *Earth's Future,* 5, DOI: 10.1002/2017EF000632

Prist, P.R., N. Levin, J.P. Metzger, K. de Mello, M.D.P. Costa, R. Castagnino, J. Cortes-Ramirez, D.-L. Lin, N. Butt, T.J. Lloyd, S. López-Cubillos, H.J. Mayfield, P.J. Negret, I. Oliveira-Bevan, A.E. Reside, J.R. Rhodes, B.A. Simmons, A.F. Suárez-Castro y S. Kark, 2019: *Science,* 366, 699-700.

Rabatel, A., B. Francou, A. Soruco, J. Gomez, B. Caceres, J.L. Ceballos, R. Basantes, M. Vuille, J.-E. Sicart, C. Huggel, M. Scheel, Y. Lejeune, Y. Arnaud, M. Collet, T. Condom, G. Consoli, V. Favier, V. Jomelli, R. Galarraga, P. Ginot, L. Maisincho, J. Mendoza, M. Menegoz, E. Ramirez, P. Ribstein, W. Suarez, M. Villacis y P. Wagnon, 2013: Current state of glaciers in the tropical Andes: a multicentury perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere,* 7(1), 81-102.

Regos, A., M. D'Amen, S. Herrando, A. Guisan y L. Brotons, 2015: Fire management, climate change and their interacting effects on birds in complex Mediterranean landscapes: dynamic distribution modelling of an early-successional species—the near-threatened Dartford Warbler (*Sylvia undata*). *J. Ornithol.,* 156 (suplemento 1), 275-286.

Renaud, F.G., U. Nehren, K. Sudmeier-Rieux y M. Estrella, 2016: Developments and opportunities for ecosystem-based disaster risk reduction and climate change adaptation. En: *Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction and Adaptation in Practice* [Renaud, F.G., K. Sudmeier-Rieux, M. Estrella y U. Nehren (eds.)]. Springer, Cham, Switzerland, pp. 1-20.

Rezende, C.L., F.R. Scarano, E.D. Assad, C.A. Joly, J.P. Metzger, B.B.N. Strassburg, M. Tabarelli, G.A. Fonseca y R.A. Mittermeier, 2018: From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect. Ecol. Conserv.,* 16, 208-214.

Robinson, S.-A., 2017: Climate change adaptation trends in small island developing states. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change,* 22, 669-691.

Rodríguez-Garay, B., A. Gutiérrez-Mora y A.G. González-Gutiérrez, 2014: Climate change reaches the Tequila country. En: *Sustainable and Integral Exploitation of* Agave [Gutierrez-Mora, A. (ed.)]. Conacyt, Mexico City, pp. 62-66.

Rolando, J.L., C. Turin, D.A. Ramírez, V. Mares, J. Monerris y R. Quiroz, 2017: Key ecosystem services and ecological intensification of agriculture in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agr. Ecosyst. Environ.,* 236, 221-233.

Rosenzweig, C., W. Solecki, P. Romero-Lankao, S. Mehrotra, S. Dhakal, T. Bowman y S. Ali Ibrahim, 2015: *ARC3.2 Summary for City Leaders*. Urban Climate Change Research Network, Columbia University, New York.

Rozzi, R., F. Massardo, C. Anderson, K. Heidinger y J. Silander Jr., 2006: Ten principles for biocultural conservation at the southern tip of the Americas: the approach of the Omora Ethnobotanical Park. *Ecol. Soc.,* 11(1), 43.

Rozzi, R., J.J. Armesto, B. Goffinet, W. Buck, F. Massardo, J. Silander, M.T.K. Arroyo, S. Russell, C.B. Anderson, L.A. Cavieres y J.B. Callicott, 2008: Changing biodiversity conservation lenses: insights from the sub-Antarctic non-vascular flora of southern South America. *Front. Ecol. Environ.,* 6, 131-137.

Rozzi, R. y E. Schüttler, 2015: Primera década de investigación y educación en la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos: el enfoque biocultural del Parque Etnobotánico Omora. *Anal. Inst. Patagon. (Chile)*, 43(2), 19-43.

Ruiz, K.B., S. Biondi, R. Oses, I.S. Acuña-Rodríguez, F. Antognoni, E.A. Martinez-Mosqueira, A. Coulibaly, A. Canahua-Murillo, M. Pinto, A. Zurita-Silva, D. Bazile, S.-E. Jacobsen y M.A. Molina-Montenegro, 2014: Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agron. Sustain. Dev.,* 34, 349-359.

Rundel, P.W., M.T. Arroyo, R.M. Cowling, J.E. Keeley, B.B. Lamont y P. Vargas, 2016: Mediterranean biomes: evolution of their vegetation, floras, and climate. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.,* 47, 383-407.

Rundel, P.W., M.T.K. Arroyo, R.M. Cowling, J.E. Keeley, B.B. Lamont, J.G. Pausas y P. Vargas, 2018: Fire and plant diversification in Mediterranean-climate regions. *Front. Plant Sci.,* 9, 851.

Sandifer, P.A., A.E. Sutton-Grier y B.P. Ward, 2015: Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosyst. Serv.,* 12, 1-15.

San-Miguel-Ayanz, J., J.M. Moreno y A. Camia, 2013: Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *For. Ecol. Manage.,* 294, 11-22.

Scarano, F.R., 2017: Ecosystem-based adaptation to climate change: concept, scalability and a role for conservation science. *Perspect. Ecol. Conserv.,* 15, 65-67.

Scarano, F.R., 2019: Biodiversity sector: risks of temperature increase to biodiversity and ecosystems. En: *Climate Change Risks in Brazil*

[Nobre, C.A., J.A. Marengo y W.R. Soares (eds.)]. Springer, Cham, Switzerland, pp. 131-141.

Scarano, F.R. y P. Ceotto, 2015: Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability and adaptation to climate change. *Biodivers. Conserv.,* 24(11), 2319-2331.

Scarano, F.R., P. Ceotto y G. Martinelli, 2016: Climate change and 'campos de altitude': forecasts, knowledge and action gaps in Brazil. *Oecologia Australis,* 20(2), 1-6.

Scarano, F.R., K. Garcia, A. Diaz-de-Leon, H. L. Queiroz, V. Rodriguez Osuna., L.C. Silvestri, C.F.Diaz M., O. Perez-Maqueo, M. Rosales B., D.M. Salabarria F., E.A. Zanetti y J.S. Farinaci, 2018: Capítulo 6: Options for governance and decision-making across scales and sectors. En: *The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas* [Rice, J., C.S. Seixas, M.E. Zaccagnini, M. Bedoya-Gaitan y N. Valderrama (eds.)]. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany, pp. 521-581.

Scheffers, B.R., L. De Meester, T.C.L. Bridge, A.A. Hoffmann, J.M. Pandolfi, R.T. Corlett, S.H.M. Butchart, P. Pearce-Kelly, K.M. Kovacs, D. Dudgeon, M. Pacifici, C. Rondinini, W.B. Foden, T.G. Martin, C. Mora, D. Bickford y J.E.M. Watson, 2016: The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science,* 354, aaf7671.

Schmidtko, S., L. Stramma y M. Visbeck, 2017: Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature,* 542, 335-339.

Seddon, A.W.R., M. Macias-Fauria, P.R. Long, D. Benz y K.J. Willis, 2016: Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature,* 531, 229-232.

Settele, J., R. Scholes, R. Betts, S. Bunn, P. Leadley, D. Nepstad, J.T. Overpeck y M.A. Taboada, 2014: Terrestrial and inland water systems. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 271-359.

Short, F.T., S. Kosten, P.A. Morgan, S. Malone y G.E. Moore, 2016: Impacts of climate change on submerged and emergent wetland plants. *Aquatic Bot.,* 135, 3-17.

Sierra-Correa, P.C. y J.R.C. Kintz, 2015: Ecosystem-based adaptation for improving coastal planning for sea-level rise: A systematic review for mangrove coasts. *Mar. Policy,* 51, 385-393.

Soares, M.C.S., L.O. Vidal, F. Roland y V.L.M. Huszar, 2009: Cyanobacterial equilibrium phases in a small tropical impoundment. *J. Plankton Res.,* 31, 1331-1338.

Stafford-Smith, M., D. Griggs, O. Gaffney, F. Ullah, B. Reyers, N. Kanie, B. Stigson, P. Shrivastava, M. Leach y D. O'Connell, 2017: Integration: the key to implementing the sustainable development goals. *Sustain. Sci.,* 12(6), 911-919.

Stewart, J.R., 2015: *Agave* as a model CAM crop system for a warming and drying world. *Front. Plant Sci.,* 6, 684.

Strassburg, B.B.N., T. Brooks, R. Feltran-Barbieri, A. Iribarrem, R. Crouzeilles, R. Loyola, A.E. Latawiec, F.J.B. Oliveira-Filho, C.A.M. Scaramuzza, F.R. Scarano, B. Soares-Filho y A. Balmford, 2017: Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nat. Ecol. Evol.,* 1, 0099.

Tàbara, J.D., F. Cots, S. Pedde, K. Hölscher, K. Kok, A. Lovanova, T.C. Lourenço, N. Frantzeskaki y J. Etherington, 2018: Exploring institutional transformations to address high-end climate change in Iberia. *Sustainability,* 10, 161.

Taffarello, D., R. Srinivasan, G. Samprogna Mohor, J.L.B. Guimarães, M.C. Calijuri y E.M. Mendiondo, 2018: Modeling freshwater quality scenarios with ecosystem-based adaptation in the headwaters of the Cantareira system, Brazil. *Hydrol. Earth Syst. Sci.,* 22, 4699-4723.

Thornton, T.F. y C. Comberti, 2017: Synergies and trade-offs between adaptation, mitigation and development. *Climatic Change,* 140(1), 5-18.

Torres, I., A. Parra, J.M. Moreno y W. Durka, 2018: No genetic adaptation of the Mediterranean keystone shrub *Cistus ladanifer* in response to experimental fire and extreme drought. *Plos One,* 13(6), e0199119.

Trejo-Salazar, R.-E., L.E. Eguiarte, D. Suro-Piñera y R.A. Medellin, 2016: Save our bats, save our Tequila: Industry and science join forces to help bats and *Agaves. Natural Areas Journal,* 36(4), 523-530.

Triyanti, A. y E. Chu, 2018: A survey of governance approaches to ecosystem-based disaster risk reduction: current gaps and future directions. *Int. J. Disaster Risk Reduct.,* 32, 11-21.

Tzilivakis, J., D. Warner, A. Green y K.A. Lewis, 2015: Adapting to climate change: Assessing the vulnerability of ecosystem services in Europe in the context of rural development. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.,* 20(4), 547-572.

UNFCCC, 2019: *National Adaptation Plans*. UNFCCC, United Nations. Sitio web consultado en 2019, https://www4.unfccc.int/sites/NAPC/Pages/national-adaptation-plans.aspx

Urban, M.C., 2015: Accelerating extinction risk from climate change. *Science,* 348, 571-573.

Urbieta, I.R., G. Zavala, J. Bedia, J.M. Gutiérrez, J. San Miguel-Ayanz, A. Camia, J.E. Keeley y J.M. Moreno, 2015: Fire activity as a function of fire–weather seasonal severity and antecedent climate across spatial scales in southern Europe and Pacific western USA. *Environ. Res. Lett.,* 10, 114013.

Urbieta, I.R., M. Franquesa, O. Viedma y J.M. Moreno, 2019: Fire activity and burned forest lands decreased during the last three decades in Spain. *Ann. For. Sci.,* 76(3), 90.

Valiente-Banuet, A., M.A. Aizen, J.M. Alcantara, J. Arroyo, A. Cocucci, M. Galetti, M.B. García, D. García, J.M. Gómez, P. Jordano, R. Medel, L. Navarro, J.R. Obeso, R. Oviedo, N. Ramírez, P.J. Rey, A. Traveset, M. Verdú y R. Zamora, 2015: Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Funct. Ecol.,* 29, 299-307.

Vessella, F., J.F. López-Tirado, M.C. Simeone, B. Schirone y P.J. Hidalgo, 2017: A tree species range in the face of climate change: cork oak as a study case for the Mediterranean biome. *Eur. J. For. Res.,* 136, 555-569.

Vicenzi, N., V. Corbalán, D. Miles, B. Sinervo y N. Ibargüengoytía, 2017: Range increment or range detriment? Predicting potential changes in distribution caused by climate change for the endemic high-Andean lizard *Phymaturus palluma. Biol. Conserv.,* 206, 151-160.

Vignola, R., B. Locatelli, C. Martinez y P. Imbach, 2009: Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists? *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change,* 14(8), 691-696.

Vignola, R., C.A. Harvey, P. Bautista-Solis, J. Avelino, B. Rapidel, C. Donatti y R. Martinez, 2015: Ecosystem-based adaptation for smallholder farmers: definitions, opportunities and constraints. *Agr. Ecosyst. Environ.,* 211, 126-132.

Visconti, P., M. Bakkenes, D. Baisero, T. Brooks, S.H.M. Butchart, L. Joppa, R. Alkemade, M. Di Marco, L. Santini, M. Hoffmann, L. Maiorano, R.L. Pressey, A. Arponen, L. Boitani, A.E. Reside, D.P. van Vuuren y C. Rondinini, 2016: Projecting global biodiversity indicators under future development scenarios. *Conserv. Lett.,* 9(1), 5-13.

Walker, W., A. Baccini, S. Schwartzman, S. Ríos, M.A. Oliveira-Miranda, C. Augusto, M.R. Ruiz, C.S. Arrasco, B. Ricardo, R. Smith, C. Meyer, J.C. Jintiach y E.V. Campos, 2014: Forest carbon in Amazonía: the unrecognized contribution of indigenous territories and protected natural areas. *Carbon Manag,* 5-6, 479-485.

Watson, C. y L. Schalatek, 2019: *Climate Finance Regional Briefing:* Latin America. CFF 6.

Wiens, J.J., 2016: Climate-related local extinctions are already widespread among plant and animal species. *PLoS Biology,* 14(12), e2001104.

Winter, M., W. Fiedler, W.M. Hochachka, A. Koehncke, S. Meiri e I. De la Riva, 2016: Patterns and biases in climate change research on amphibians and reptiles: a systematic review. *R. Soc. Open Sci.,* 3, 160158.

Woodward, G., D.M. Perkins y L.E. Brown, 2010: Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.,* 365, 2093-2106.

Yu, M., G. Wang, D. Parr y K.F. Ahmed, 2014: Future changes of the terrestrial ecosystem based on a dynamic vegetation model driven with RCP8.5 climate projections from 19 GCMs. *Clim. Change*, 127, 257-271.

Zanin, M., G. Tessarolo, N. Machado y A.L.M. Albernaz, 2017: Climatically-mediated landcover change: impacts on Brazilian territory. *An. Acad. Bras. Ciênc.,* 89, 939-952.

6

Recursos hídricos

Sebastián Vicuña (Chile), Luis M. Barranco (España), Carlos Berroeta (Chile), Jose A. Marengo (Brasil), Paula Pacheco (Bolivia), Joel Pérez-Fernández (Panamá), Freddy Picado (Panamá), Manuel Pulido-Velazquez (España), Christopher A. Scott (EE. UU./ México), Rossana Scribano (Paraguay) y Javier Tomasella (Brasil).

Se recomienda citar este texto como:

Vicuña, S., L.M. Barranco, C. Berroeta, J.A. Marengo, P. Pacheco, J. Pérez-Fernández, F. Picado, M. Pulido-Velazquez, C.A. Scott, R. Scribano y J. Tomasella, 2020: Recursos Hídricos. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 199-236, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo ... **202**

6.1. Introducción ... **202**

6.1.1. Marco conceptual del capítulo ... **202**

6.1.2. Principales cifras del sector o sistema ... 203

6.1.3. Relación del sector o sistema con clima y con cambio climático ... 204

6.1.4. Revisión de informes previos del IPCC y otros informes relevantes ... 205

6.2. Componentes del riesgo asociado a los recursos hídricos y el cambio climático ... **205**

6.2.1. Vulnerabilidad y exposición ... 205

6.2.2. Amenazas asociadas al cambio climático ... 206

6.3. Caracterización de los riesgos del cambio climático y sus impactos sobre los recursos hídricos ... **207**

6.4. Medidas de adaptación ... **207**

6.4.1. Opciones de adaptación ... 207

6.4.2. Actividades de adaptación planificada ... 209

6.4.3. Actividades de adaptación autónoma ... 209

6.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... **209**

6.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación ... **210**

6.7. Casos de estudio ... **210**

6.7.1. Combinación de sistemas de apoyo a la decisión y talleres participativos para el diseño de medidas de adaptación en la demarcación hidrográfica del Júcar (España) ... 211

6.7.1.1. Resumen ... 211

6.7.1.2. Introducción a la problemática del caso ... 211

6.7.1.3. Descripción del caso ... 212

6.7.1.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas ... 213

6.7.2. Electricidad para el uso de agua subterránea en México: oportunidades y limitaciones para la respuesta de adaptación al cambio climático ... 214

6.7.2.1. Resumen ... 214

6.7.2.2. Introducción a la problemática del caso ... 214

6.7.2.3. Descripción del caso ... 214

6.7.2.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas ... 216

6.7.3. Plan Nacional de Seguridad Hídrica de Panamá ... 217

6.7.3.1. Resumen ... 217

6.7.3.2. Introducción a la problemática del caso ... 217

6.7.3.3. Descripción del caso ... 217

6.7.3.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas ... 219

6.7.4. Energía fotovoltaica para la extracción de agua para bebederos de camélidos en el municipio de Turco, Bolivia ... 220

6.7.4.1. Resumen ... 220

6.7.4.2. Introducción a la problemática del caso ... 220

6.7.4.3. Descripción del caso ... 220

6.7.4.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas ... 221

6.7.5. Adaptación a la variabilidad y el cambio climático a través de la captación y almacenamiento de agua de lluvia en la Cooperativa Chortitzer en el Chaco Central en Paraguay ... 221

6.7.5.1. Resumen ... 221
6.7.5.2. Introducción a la problemática del caso ... 221
6.7.5.3. Descripción del caso ... 222
6.7.5.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas ... 223
6.7.6. Cambios en la operación del sistema Cantareira para hacer frente a las crisis hídricas en la Región Metropolitana de São Paulo (Brasil) ... 224
6.7.6.1. Resumen ... 224
6.7.6.2. Introducción a la problemática del caso ... 224
6.7.6.3. Descripción del caso ... 225
6.7.6.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas ... 226
6.7.7. Desarrollo de infraestructura resiliente a los impactos del cambio climático en la provisión de agua potable en la ciudad de Santiago de Chile ... 226
6.7.7.1. Resumen ... 226
6.7.7.2. Introducción a la problemática del caso ... 226
6.7.7.3. Descripción del caso ... 227
6.7.7.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas ... 228
6.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de acción prioritarias ... 230
6.9. Conclusiones ... 230
Preguntas frecuentes ... 231
Agradecimientos ... 231
Bibliografía ... 231

Resumen ejecutivo

Existe una heterogénea distribución de los recursos hídricos disponibles en la región. América Central y Sudamérica son regiones con una alta disponibilidad promedio de recursos hídricos, pero distribuidos de manera heterogénea dentro de la región y en el interior de cada país. La cantidad de recursos en términos de la disponibilidad per cápita es muy distinta entre países, siendo cercana al límite de estrés hídrico en algunos de ellos (especialmente en el Caribe y la Península Ibérica). Pese a que se practica de manera prioritaria la agricultura de secano, el principal usuario del agua en la región es la agricultura, con valores cercanos al 70 % del uso de agua total, llegando en algunos casos a representar más del 90 % de los recursos. El uso para generación de hidroelectricidad es un factor relevante en la región en comparación con otras regiones del mundo. Pese a mejoras de acceso a agua potable en las zonas urbanas, el acceso a agua potable en las zonas rurales sigue siendo un desafío importante en muchos países de la región.

La principal amenaza a los recursos hídricos es el cambio en los patrones de precipitación. En este sentido se espera con alto nivel de consistencia entre modelos una reducción de disponibilidad de recursos en algunas zonas de la región, como México, Centroamérica y el Caribe, el Nordeste de Brasil, la región Andino-Pacífico Central, la Patagonia y la Península Ibérica. Hay evidencias también de cambios en la estacionalidad de precipitaciones y por ende de disponibilidad de recursos. El aumento de la temperatura acelera el derretimiento de nieves y glaciares, alterando la temporalidad y cantidad de caudales. Eventos extremos y cambios en la calidad de aguas son también una amenaza.

Los principales riesgos asociados al cambio climático son la reducción y cambios en la disponibilidad de recursos, producto de modificaciones en las precipitaciones y temperaturas. Esto afecta a la posibilidad de uso de recursos para fines productivos, la conservación de los ecosistemas y el sostenimiento de los medios de vida. Los cambios en la estacionalidad afectan al uso de recursos especialmente donde no existe capacidad de almacenamiento o de regulación de los mismos. Los eventos extremos y el deterioro de la calidad de agua afectan al uso de la infraestructura que permite el acceso al agua, especialmente en sistemas de provisión de agua para la población.

Existen experiencias en distintos lugares de la región respecto a la adaptación a los impactos del cambio climático en los recursos hídricos. Una experiencia importante corresponde al suministro de agua en comunidades rurales teniendo en cuenta sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia. Se están diseñando también planes de adaptación enfocados en los recursos hídricos a escalas nacionales, regionales y locales que incluyen escenarios climáticos futuros y medidas de adaptación para hacer frente a estos impactos. Existen experiencias en el cambio de protocolos de diseño y operación de infraestructuras de suministro de agua potable para hacer frente a escenarios de cambio climático.

Existen barreras, oportunidades y desafíos para lograr una adecuada adaptación a los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos. Una barrera importante es la ausencia en muchos casos de información a la escala adecuada para poder diseñar medidas de adaptación. Otra barrera son los incentivos mal orientados respecto del nexo agua, energía y alimentos que pueden generar casos de maladaptación. El uso de herramientas para la toma de decisiones permite evaluar los beneficios y costos asociados a la implementación de medidas de adaptación. La planificación y colaboración a todas las escalas (comunidad, cuenca y país) es clave para definir estrategias exitosas.

Para mejorar la capacidad de adaptación en el sector, se requieren una serie de líneas de acción prioritarias. Hay que trabajar en mejorar los diseños institucionales para que permitan incorporar de manera más simple las medidas de adaptación. Igualmente, se precisan mejores herramientas para hacer una evaluación de las necesidades de adaptación.

6.1. Introducción

6.1.1. Marco conceptual del capítulo

El énfasis de este capítulo es tratar los impactos del cambio climático sobre el sector o sistema de los recursos hídricos (en el contexto que se trata en este capítulo). En específico, se tratan aquellos impactos asociados a la disponibilidad de recursos hídricos. Los impactos asociados a la ocurrencia de eventos extremos, como inundaciones o deslizamientos en masa, se abordan en otros capítulos del libro (**Capítulos 10** y **11,** respectivamente). Por otra parte, los efectos que ocurren en términos de la posibilidad de acceder a los recursos hídricos en cantidades adecuadas también tienen consecuencias posteriores en muchos sistemas (comunidades, sectores productivos, ecosistemas), que también son tratados de manera complementaria en otros capítulos. Muchos de estos impactos y las medidas de adaptación asociadas son tratados en distintos capítulos de este libro (p. ej., el **Capítulo 7,** dedicado a los recursos agropecuarios). Se hacen referencias cruzadas donde corresponde.

Para caracterizar los riesgos y, posteriormente, las necesidades de medidas de adaptación, se presenta un marco conceptual de trabajo basado en la seguridad hídrica y los servicios ecosistémicos. Este marco conceptual permite reconocer, por una parte, la manera en que el cambio climático puede afectar a la disponibilidad de recursos hídricos y a la seguridad hídrica, y por otra, la manera en que distintas medidas de adaptación pueden ayudar al objetivo de lograr la seguridad hídrica (Ocampo-Melgar *et ál.,* 2016). Este marco conceptual se presenta en la **Figura 6.1** y reconoce primero en su base el objetivo de seguridad hídrica, considerando al agua como un recurso para asegurar los medios de vida humana, el desarrollo socioeconómico y la conservación de los ecosistemas. La provisión de los recursos que se necesitan para este objetivo surge como una conjunción de las

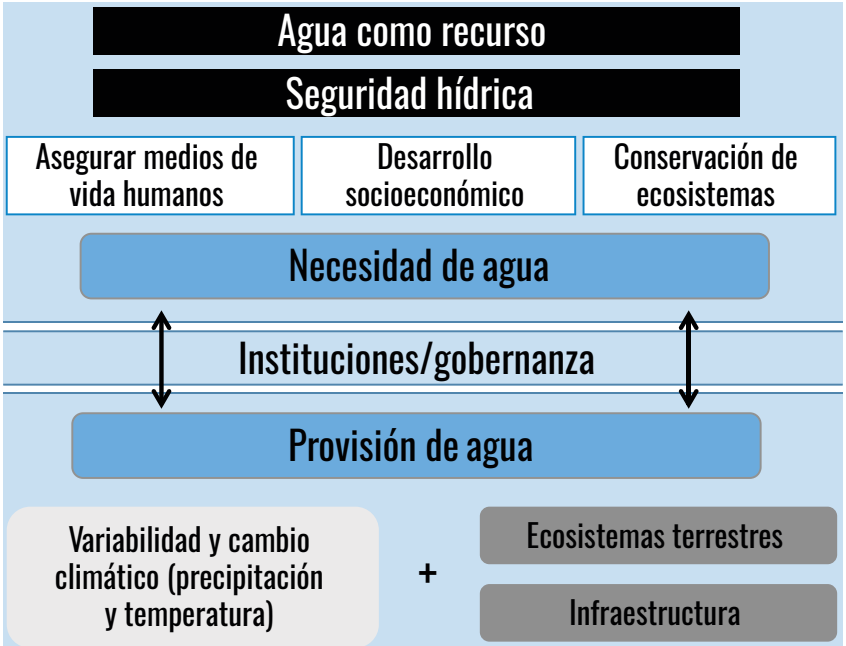


Figura 6.1. Marco conceptual para la identificación de necesidades y medidas de adaptación a los impactos del cambio climático en los recursos hídricos. Fuente: adaptado de Ocampo-Melgar *et ál.,* 2016.

condiciones climáticas (precipitación y temperatura, principalmente), biogeográficas (ecosistemas, cobertura vegetal, relieve) y la presencia de obras de infraestructura que permitan la regulación, afianzamiento, distribución y tratamiento de los recursos. También surge como factor relevante la existencia de instituciones y una gobernanza adecuada que permitan una correcta asignación del agua y que sean capaces de resolver problemas de competencia y conflictos entre usuarios, entre otros aspectos.

6.1.2. Principales cifras del sector o sistema

En la **Tabla 6.1** se presentan algunas cifras que ayudan a describir la disponibilidad y uso de recursos hídricos en Iberoamérica. Estas métricas se han preparado para todos los países de la RIOCC, separándolos en cuatro grupos: Península Ibérica (España y Portugal), América del Sur, América Central y México y los países del Caribe hispanohablante (Cuba y República Dominicana). Existe un traslape de esta manera con la división regional presentada en el **Capítulo 1.** La fuente de información para preparar estas métricas es la base de datos Aquastat de la FAO. La disponibilidad de información en esta base de datos es disímil entre los países en términos de periodicidad y momento de recolección de la información. En aquellos casos (debidamente indicados en la tabla) en que el año no es el mismo para todos los países, se ha escogido el más reciente de los presentados en la base datos. Algunos de los países de la región cuentan con información más detallada, específica y actualizada respecto de estas cifras, pero se ha escogido la fuente Aquastat para tener una información lo más homogénea posible.

Se aprecia en la **Tabla 6.1** que existen diferencias importantes en la disponibilidad de recursos hídricos per cápita, tanto a nivel de promedio de grupo de países como diferencias dentro de cada grupo. En particular, se observa que América Central y del Sur son regiones con una alta disponibilidad promedio de recursos hídricos, pero distribuidos de manera heterogénea (Magrin *et ál.,* 2014). Se aprecia que en algunos países la condición de disponibilidad se encuentra en los límites de estrés hídrico (disponibilidades menores a 1.700 m^3/cap/año (Falkenmark, 1989), especialmente en el Caribe y la Península Ibérica. En términos del uso de estos recursos, principal característica que da cuenta de la exposición en este sector, el principal usuario del agua en la región es la agricultura, con valores cercanos al 70 % del uso de agua total, llegando en algunos casos a representar más del 90 % de los recursos. En la gran mayoría de los países, el segundo usuario del agua es la población y el tercero, la industria. Respecto del uso de agua para la población, se puede apreciar que la región ha mejorado bastante en cuanto al acceso a agua potable, existiendo una cobertura promedio sobre el 90 % en el año 2015. Esto representa un cambio importante en algunas regiones donde, por ejemplo, en 1992 el promedio era levemente superior al 40 %, pero las cifras indican que todavía existe una parte importante de la población sin acceso apropiado a agua potable. Se aprecia también que todavía queda espacio por mejorar en cuanto al acceso al agua en zonas rurales, siendo este un desafío importante para la región (con excepción del caso de la Península Ibérica, donde pareciera estar mejor resuelto el problema). Respecto del uso de agua para procesos productivos, se presenta en la **Tabla 6.2** la participación de la hidroelectricidad en la generación de electricidad para distintas regiones, de acuerdo con la base de datos del Banco Mundial. Se puede destacar que en todas las regiones la participación relativa ha ido disminuyendo con el tiempo. Si bien en Latinoamérica dicha participación es todavía significativamente superior a la global (46 % *vs.* 16 %), en la Península Ibérica es similar (con un valor del 17 %). Esta alta participación implica que la matriz de generación de electricidad tiene una menor huella de carbono y se manifiesta de manera especial en algunos casos de América del Sur y América Central. Por ejemplo, en Brasil y Costa Rica la participación es de un 62 % y un 74 %, respectivamente.

Finalmente, para poder mostrar la presión hídrica o la relación que existe entre la disponibilidad de recursos y su demanda,

Tabla 6.1. Información de distintos indicadores que reflejan las condiciones de disponibilidad hídrica y uso de los recursos hídricos en los países de la RIOCC. Promedio hace referencia al promedio de los valores de los países de cada una de las regiones. Mínimo hace referencia al valor mínimo observado entre los países de cada una de las regiones (entre paréntesis se indica cuál es dicho país). Máximo hace referencia al valor máximo observado entre los países de cada una de las regiones (entre paréntesis se indica cuál es dicho país). Nota: la información para algunas métricas en la base de datos de Aquastat difiere en cuanto al año en que el dato es capturado. «Año más reciente» se refiere a que se utiliza el último año con datos disponibles de la muestra de cada país a fecha de elaboración del informe. Esos años típicamente tienden a estar ubicados en la década de 2000. Fuente: información tomada de la base de datos de Aquastat de la FAO (FAO-Aquastat, 2019).

Métrica		Año [1]	Valor entre países	Península Ibérica	América del Sur	América Central y México	Caribe
Disponibilidad de recursos hídricos per cápita (m^3/hab/año)		2014	Promedio	4.948	45.417	16.167	2.790
			Mínimo	2.418 (España)	20.181 (Argentina)	3.637 (México)	2.232 (R. Dom.)
			Máximo	7.478 (Portugal)	59.916 (Perú)	35.454 (Panamá)	3.347 (Cuba)
Extracciones como porcentaje de extracciones totales (%)	Agricultura	Año más reciente	Promedio	71	77	64	72
			Máximo	79 (Portugal)	92 (Bolivia)	77 (Nicaragua)	80 (R. Dom.)
	Industria		Promedio	17	8	9	9
			Máximo	21 (España)	19 (Colombia)	18 (Guatemala)	11 (Cuba)
	Agua potable		Promedio	11	15	27	18
			Máximo	15 (España)	27 (Colombia)	56 (Panamá)	24 (Cuba)
Población con acceso a agua potable segura (%)	Total	1992	Promedio	98	83	80	44
		2015		100	94	93	90
	Rural	1992		98	58	65	38
		2015		100	84	86	86
	Urbana	1992		99	93	94	63
		2015		100	97	98	91
Extracción de agua como porcentaje de disponibilidad de recursos renovables (%)		Año más reciente	Promedio	22,4	1,7	5	21,7
			Mínimo	11,8 (Portugal)	0,4 (Bolivia)	0,7 (Panamá)	13 (Cuba)
			Máximo	33 (España)	4,3 (Argentina)	18,6 (México)	30,4 (R. Dom.)

Tabla 6.2. Participación de la hidroelectricidad en la generación de electricidad (%). Fuente: Banco Mundial (2019).

Región	1980	1990	2000	2010	2014
América Latina y el Caribe	59	63	59	52	47
Península Ibérica	30	19	15	17	17
Mundo	18	18	17	16	16

se presenta en la **Tabla 6.1** la métrica que mide la proporción entre la extracción sobre la disponibilidad de recursos. Nuevamente se aprecia que, a nivel promedio, la presión hídrica es importante en la Península Ibérica, el Caribe y en algunos países de Latinoamérica (p. ej., México). Esta presión hídrica tiene efectos en la disponibilidad de recursos, pero también en la posible sobreexplotación de acuíferos y en la calidad de los ecosistemas acuáticos. Es importante destacar que los valores presentados son promedios calculados a nivel de país y región. En muchos de estos países (p. ej., Chile) la alta variabilidad espacial en la disponibilidad y uso de los recursos hídricos hace que el promedio sea un mal reflejo de la situación que puede ocurrir a escalas espaciales más reducidas.

6.1.3. Relación del sector o sistema con clima y con cambio climático

Muchos de los impactos del cambio climático se manifiestan principalmente a través de la relación que tiene el clima con distintos componentes del ciclo hidrológico. Los impactos pueden ser diversos: cambios en los patrones de precipitación, ya sea en términos de frecuencia, tipo (líquida o sólida) o intensidad. Estos cambios pueden alterar la evapotranspiración, la cantidad de humedad en el suelo, la escorrentía, los caudales de los ríos y la recarga de acuíferos. Esto genera finalmente cambios en la disponibilidad de agua, así como también la ocurrencia de eventos extremos. Estas variaciones en el clima también pueden generar cambios en las necesidades que tienen los seres vivos y los procesos productivos de utilizar agua para su correcto funcionamiento.

6.1.4. Revisión de informes previos del IPCC y otros informes relevantes

En el análisis de amenazas, vulnerabilidad y medidas de adaptación en los recursos hídricos en la región se han revisado principalmente los siguientes capítulos del Quinto Informe del IPCC: (a) «Freshwater resources» (Jiménez *et ál.,* 2014); (b) «Europe» (Kovats *et ál.,* 2014); (c) «North America» (Romero-Lankao *et ál.,* 2014), y (d) «Central and South America» (Magrin *et ál.,* 2014). La información relevante de estos capítulos se ha complementado con bibliografía que se ha publicado con posterioridad al Quinto Informe del IPCC y experiencias prácticas en medidas de adaptación que se recopilan desde distintas fuentes.

6.2. Componentes del riesgo asociado a los recursos hídricos y el cambio climático

6.2.1. Vulnerabilidad y exposición

La vulnerabilidad de los sistemas de recursos hídricos se puede definir a través de varios factores que determinan el logro o fracaso de sostener objetivos de seguridad hídrica (agua en cantidades y con calidad adecuada y oportunidad para el desarrollo productivo, sostén de los medios de vida y protección de los ecosistemas). La reducción o pérdida de seguridad hídrica se puede deber a algunos de los siguientes factores:

- Disminución física de la oferta de agua (sequías).
- Aumento en la demanda.
- Mala calidad del agua que impide su uso.
- Mayor recurrencia de eventos extremos.
- Infraestructura limitada que impide o limita su acceso.
- Gobernanza, instituciones (reglas, organismos) poco eficientes para asegurar la gestión adecuada del recurso hídrico.
- Desarrollo limitado de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Como se destacaba en la sección anterior, existen diferencias importantes en Iberoamérica respecto de algunos de los elementos de base que caracterizan esta vulnerabilidad y exposición, ya sea en la disponibilidad física del recurso, la demanda que se hace de él y las capacidades en infraestructura e institucionales. Respecto del primer punto, es importante destacar que, pese a que en condiciones promedio la disponibilidad espacial de recursos es relativamente alta, esta se encuentra heterogéneamente distribuida. Esto se puede apreciar de manera gráfica en la **Figura 6.2.**

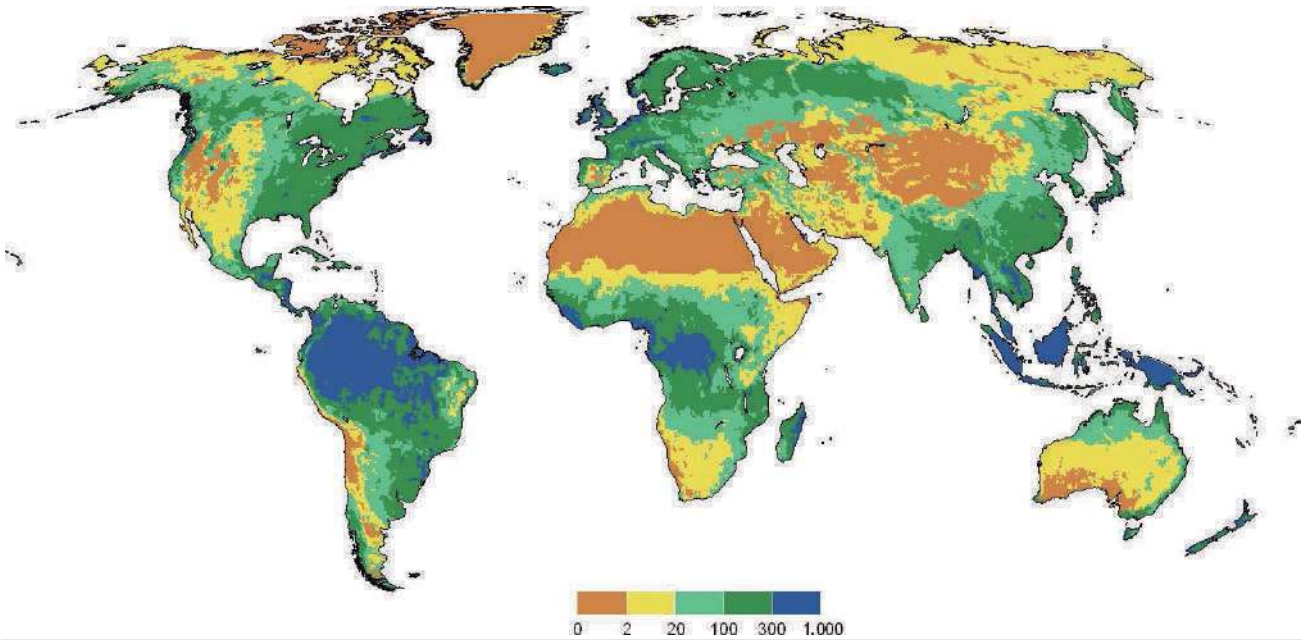


Figura 6.2. Recursos hídricos renovables en mm/año (1961-1990). Fuente: Döll y Fiedler, 2008.

6.2.2. Amenazas asociadas al cambio climático

La principal amenaza asociada al cambio climático tiene relación con la disminución de precipitación y el consecuente aumento de sequía. Como se presenta con mayor detalle en el **Capítulo 1,** se puede apreciar de manera espacial que las reducciones en la precipitación tienden a estar concentradas en algunas regiones específicas, cubriendo gran parte de la Península Ibérica, Mesoamérica, el norte de América del Sur, la zona central de la cuenca del Amazonas, parte del Nordeste de Brasil y gran parte del Cono Sur, cubriendo la zona central de Chile y sur de Argentina. Se aprecia, además, que los cambios proyectados son muy robustos en algunas de estas regiones (p. ej., la zona central de Chile, sur de Argentina y la Península Ibérica). Por otra parte, se muestra que hay regiones donde las proyecciones indican aumentos en los niveles de precipitación, como en la cuenca del río de la Plata. Finalmente, hay regiones que se caracterizan por presentar altos niveles de incertidumbre respecto de la señal de cambio en las precipitaciones, como es el caso de Bolivia, Paraguay y parte de las cabeceras de la cuenca del Amazonas. Adicionalmente, a los cambios en los montos totales de precipitación es importante añadir las variaciones en la temporalidad de los eventos de lluvia. Estudios como los de Aguilar *et ál.* (2005) muestran cómo es posible que sin haber cambios en los montos totales de precipitación puedan existir cambios en la manera en que se distribuye la precipitación a lo largo del tiempo. Estos efectos son especialmente relevantes en contextos donde haya poca capacidad (natural o artificial) de regulación de estos montos de agua para asegurar niveles constantes de disponibilidad de recursos hídricos. Finalmente, se aprecia que para toda la región

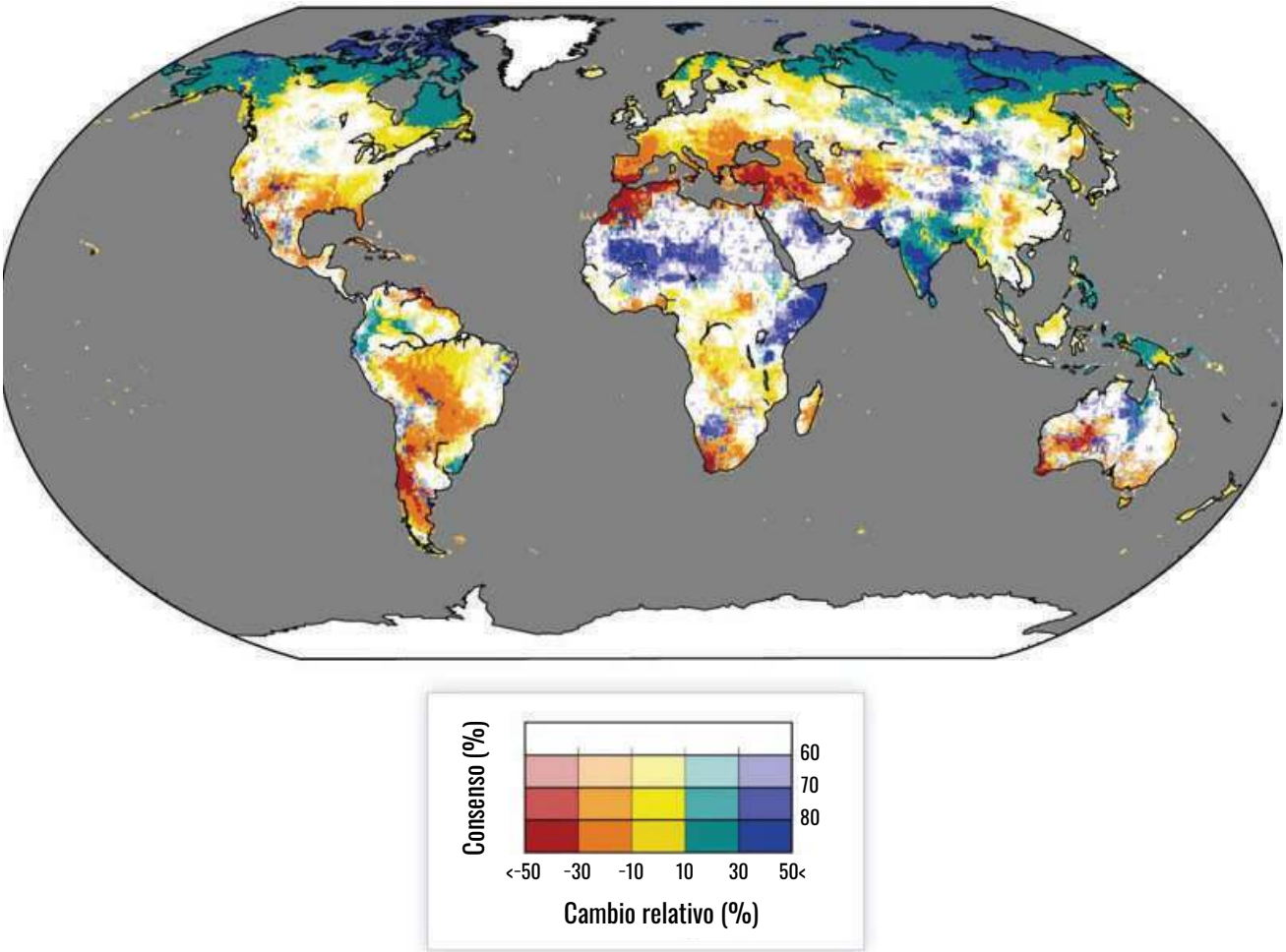


Figura 6.3. Porcentaje de cambio en el caudal medio anual para un escenario de aumento de temperatura de 2 °C sobre el promedio del periodo 1980-2010 (2,7 °C sobre el periodo preindustrial). Nota: los colores muestran el cambio promedio, considerando 5 GCM y 11 modelos hidrológicos globales (GHM), y la intensidad en el color muestra el nivel de consenso en el signo del cambio proyectado, considerando las combinaciones de 55 GHM-GCM (porcentaje de simulaciones que están de acuerdo en el signo de cambio promedio). Fuente: Jiménez *et ál.* (2014).

considerada se proyecta también un aumento en los niveles de temperatura (no se muestran) que acentúan los cambios en la precipitación, como se explica más adelante.

Los cambios de precipitación observados/proyectados (para más detalles ver **Capítulo 1**) se traducen en cambios en los caudales y disponibilidad de recursos hídricos. Los patrones de cambios, en términos de la dirección del cambio (positiva o negativa), son similares, tal como se puede apreciar en la **Figura 6.3.** Sin embargo, se puede ver que las magnitudes son mayores, producto del efecto combinado de una disminución de la precipitación con un aumento de temperaturas y su efecto en evapotranspiración.

Algunos de estos impactos ya están siendo observados de acuerdo con varias publicaciones presentadas en el AR5 y con posterioridad. Por ejemplo, se han observado reducciones de los caudales de los ríos en el sur de Europa (Stahl *et ál.,* 2010), en Colombia (Carmona y Poveda, 2014), en algunas zonas de México (Romero-Lankao, 2010; Sosa-Rodríguez, 2010), en algunos ríos en Centroamérica y en el centro y sur de Chile y Argentina (Seoane y López, 2007; Urrutia *et ál.,* 2011; Cortes *et ál.,* 2011; Vicuña *et ál.,* 2013). Estos cambios están generados principalmente por una reducción en las precipitaciones, y se ven acentuados por los efectos que los aumentos en la temperatura generan sobre la criósfera (glaciares y nieve) en zonas cordilleranas, especialmente en la cordillera de los Andes. El retroceso de glaciares en los Andes tropicales se ha acentuado (Rabatel *et ál.,* 2013; Vuille *et ál.,* 2018) y la extensión del manto nival ha disminuido, generando cambios en la estacionalidad de los caudales, reduciendo flujos en la estación seca y aumentándolos en la estación húmeda (Pizarro *et ál.,* 2014; Vicuña *et ál.,* 2013). Se espera que en el futuro estos impactos sigan aumentando, alterándose los caudales en algunos de los principales ríos de estas regiones (Sousa *et ál.,* 2011; Gao y Giorgi, 2008; CONAGUA, 2011; Martínez Austria y Patiño Gómez, 2010; Maurer *et ál.,* 2009; Imbach *et ál.,* 2012; Vicuña *et ál.,* 2011).

6.3. Caracterización de los riesgos del cambio climático y sus impactos sobre los recursos hídricos

Estos cambios hidrológicos estarían afectando a varios componentes de la seguridad hídrica en la región; por ejemplo, a la disponibilidad de agua para los habitantes de grandes urbes, como Ciudad de México (Romero-Lankao, 2010) o Santiago de Chile (ECLAC, 2009; Bonelli *et ál.,* 2014; Meza *et ál.,* 2014), o para los habitantes de ciudades intermedias o incluso de pequeñas comunidades rurales ubicadas en zonas altamente vulnerables (Salinas *et ál.,* 2016; Drenkhan *et ál.,* 2015; Marengo *et ál.,* 2017). Estos cambios también podrían afectar a la disponibilidad de agua para dos actividades productivas muy relevantes para la región, como son la agricultura, especialmente aquella ubicada en zonas semiáridas (Souza *et ál.,* 2010; Montenegro y Ragab, 2010; Vicuña *et ál.,* 2011; Herrera-Pantoja y Hiscock, 2015; Vicuña *et ál.,* 2012 y 2015; Fader *et ál.,* 2016; Núñez *et ál.,* 2017), y la generación de hidroelectricidad (Maurer *et ál.,* 2009; Seoane y López, 2007; Ospina Noreña *et ál.,* 2011; McPhee *et ál.,* 2010; Solaun y Cerdá, 2017). No existen muchos estudios respecto a impactos sobre los ecosistemas acuáticos, pero es de esperar que el aumento de la demanda de recursos hídricos y los cambios en su disponibilidad vayan a aumentar la presión sobre estos ecosistemas (p. ej., Iglesias *et ál.,* 2017; Vicuña *et ál.,* 2014). Finalmente, es importante destacar que la disponibilidad de recursos hídricos también se ve afectada por problemas de calidad de las aguas, que a su vez puede verse afectada por el cambio climático. Ejemplos que muestran este tipo de impactos son los efectos de alza de la temperatura o extremos climáticos en las condiciones biológicas y presencia de contaminantes en las aguas (p. ej., ver los estudios de Jimenez *et ál.,* 2018 en ciudades de México o de Fortner *et ál.,* 2011 sobre la exposición a contaminantes que se produce por el retroceso de glaciares).

6.4. Medidas de adaptación

Para hacer frente a los impactos antes descritos, se deben implementar una serie de medidas de adaptación. En esta sección se describen algunas de las opciones existentes y las actividades de adaptación que se están implementando de manera planificada y autónoma. En una sección posterior se tratan temas transversales, como las barreras, oportunidades e interacciones para la adaptación y las medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación.

6.4.1. Opciones de adaptación

Las medidas de adaptación pueden caracterizarse de distintas maneras, siguiendo el marco conceptual presentado al inicio de este capítulo (**Figura 6.1**).

Una síntesis de las medidas descritas en estos apartados introductorios y posteriormente en los casos de estudios prácticos se presentan en la **Tabla 6.3.** Como se aprecia en esta tabla, hay diversas maneras en que se pueden caracterizar estas medidas. Hay medidas que se orientan a mejorar la provisión del recurso, así como a mejorar su gestión. Respecto de la primera categoría, podemos encontrar ejemplos, como mejoras en las herramientas e información clave para la caracterización de las condiciones climáticas (actuales y futuras) (ver el **caso de estudio 6.7.1**), o mejoras en el diseño, evaluación y operación de la infraestructura física (ver los **casos de estudio 6.7.6** y **6.7.7**) o natural, como es la protección de los ecosistemas que proveen los servicios de regulación y provisión de recursos hídricos (ver casos de estudio del **Capítulo 3**). Respecto del segundo

Tabla 6.3. Ejemplos de medidas de adaptación implementadas en países de la RIOCC relacionadas con los recursos hídricos. Notas: [1] escala de aplicación: nacional, regional (departamento o cuenca), local (urbano, ciudad o rural); [2] objetivos: sostener los medios de vida, el desarrollo socioeconómico o la conservación de los ecosistemas; [3] relación con la seguridad hídrica: provisión (regulación de recursos u oferta) *vs.* necesidad (demanda). Fuente: elaboración propia.

Tipo de medida	Ejemplos	Referencias	Escala de aplicación [1]	Objetivo de seguridad hídrica [2]	Elemento de ciclo de RR HH [3]
Plan de adaptación con foco en recursos hídricos	Plan Nacional de Seguridad Hídrica de Panamá: 2015-2050 (Panamá)	Caso de estudio 6.7.3	Nacional, regional (departamento o cuenca) y local (urbano y rural)	Todos los objetivos	Provisión - necesidad
	Plan de adaptación de la cuenca del río Maipo (Chile)	CCG (n.d.)			
	Planes municipales de adaptación al cambio climático (Nicaragua)	Álvarez y Gutiérrez (n.d.)			
	Programa Nacional de Atención a Sequías (México)	PRONACOSE (n.d.)			
	Plan de adaptación al cambio climático en el valle del Cauca (Colombia)	Departamento del valle del Cauca (2018).			
	Plan de adaptación municipal hacia la seguridad hídrica: municipios de Guayabal y Tamayo (Rep. Dominicana) y Quetzaltenango y Santa Cruz Mulua (Guatemala)	CATHALAC (2015)			
Herramientas de apoyo a la toma de decisiones	Combinación de sistemas de apoyo a la decisión y talleres participativos para el diseño de medidas de adaptación en la demarcación hidrográfica del Júcar (España)	Caso de estudio 6.7.1	Regional (cuenca)	Todos los objetivos	Provisión - necesidad
Reducción en necesidad de agua para agricultura	Uso eficiente de agua en arroz a través de la implementación del programa AMTEC (Colombia)	Caso de estudio 7.7.7	Nacional y regional	Desarrollo socioeconómico	Necesidad
Cosecha de aguas lluvia (captación y almacenamiento de aguas de lluvia)	TeSAC Cauca territorios sostenibles adaptados al clima (Colombia)	CGIAR (n.d.)	Local rural	Sostener medios de vida y desarrollo socioeconómico	Provisión
	Cosecha y almacenamiento de agua de lluvia para la producción y consumo en la Cooperativa Chortitzer, en el Chaco Central (Paraguay)	Caso de estudio 6.7.5			
	Reservorios para cosecha de agua lluvia (Honduras)	Gobierno de Honduras (n.d.)			
	Sistemas comunitarios de agua potable resilientes a los efectos del cambio climático (Ecuador)	Secretaría del Agua de Ecuador (n.d.)			
	Promoviendo la cosecha de agua lluvia como alternativa de adaptación al cambio climático y mejora de las condiciones de vida en el valle del Jiboa (El Salvador)	Fundación Nacional para el Desarrollo (n.d.)			
Producción de agua a través de consumo energía	Desalación de agua en Los Cabos (México)	Agua potable de Los Cabos (n.d.)	Local y local rural	Sostener medios de vida y desarrollo socioeconómico	Provisión
	Electricidad para el uso de agua subterránea (México)	Caso de estudio 6.7.2			
	Sistema de agua fotovoltaico para ganadería camélida (Bolivia)	Caso de estudio 6.7.4			
Diseño de infraestructura de suministro de agua resiliente al cambio climático	Desarrollo de infraestructura resiliente a los impactos del cambio climático en la provisión de agua potable (Chile)	Caso de estudio 6.7.7	Nacional, local (urbano)	Todos los objetivos	Provisión
	Mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua con la introducción de tecnologías para la adaptación (Cuba)	García (n.d.)			
Medidas basadas en ecosistemas	Restauración de páramos y humedales ubicados en zonas proveedoras de agua para el sistema de abastecimiento de agua potable del Distrito Metropolitano de Quito	Aguirre *et ál.* (2013)	Regional (cuenca), local (urbano)	Todos los objetivos	Provisión
	Adaptación al cambio climático en alta montaña	Conservación internacional (n.d.)			
Cambios de operación de infraestructura existente	Manejo de sequía en la cuenca del río São Francisco (Brasil)	Caso de estudio 10.7.3	Regional, cuenca	Desarrollo socioeconómico y sostener medios de vida	Provisión - necesidad
	Provisión de agua en la Región Metropolitana de São Paulo (Brasil)	Caso de estudio 6.7.6			

grupo, encontramos un número importante de medidas que apuntan a mejoras en cuanto a la eficiencia del uso, tomando en cuenta el objetivo que persiguen. Muy relevante en este caso son aquellas medidas que apuntan a crear una cultura del uso sostenible y eficiente del agua (ver casos de estudio del **Capítulo 7**).

Las medidas de adaptación también pueden caracterizarse en términos del objetivo de seguridad hídrica que persiguen, ya puede ser asegurar medios de vida humana, desarrollo socioeconómico o conservación de los ecosistemas. La revisión de la bibliografía que se presenta en el último informe del IPCC da cuenta de la implementación incipiente de algunos de los tipos de medidas descritas (Magrin *et ál.,* 2014; Romero-Lankao *et ál.,* 2014). Esta experiencia va aumentando en el tiempo, como se recoge en la bibliografía más reciente, en la que se estudian estrategias de adaptación en distintos componentes de la seguridad hídrica, como el agua para riego (p. ej., Kahil *et ál.,* 2015; Esteve *et ál.,* 2015; Chavez-Jimenez, 2015; Herwehe y Scott, 2018; Varela-Ortega *et ál.,* 2016; Fader *et ál.,* 2016), agua para sostener asentamientos humanos y medios de vida (p. ej., Bonelli *et ál.,* 2014; De Lira Azevêdo, 2017), agua para la generación eléctrica (p. ej., Khan *et ál.,* 2016) o agua para la protección de ecosistemas (p. ej., Iglesias *et ál.,* 2017). Esta acumulación de experiencia se aprecia también de manera práctica en los casos de estudio que se presentan en este y otros capítulos.

6.4.2. Actividades de adaptación planificada

La inclusión de medidas de adaptación de manera planificada y especialmente a largo plazo queda supeditada a los análisis que se realizan en planes o ejercicios de adaptación a nivel de cuencas, municipios o países completos. En este contexto, y teniendo en cuenta además carencias y fortalezas institucionales, surge con mucha fuerza la necesidad de realizar ejercicios de planificación en la gestión de recursos hídricos a distintas escalas. De esta manera aparece en distintos marcos institucionales la generación de planes de adaptación a una escala nacional, como el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en zonas prioritarias (MARN, 2017), y el Plan Nacional de Seguridad Hídrica de Panamá (ver **caso de estudio 6.7.3**); a escala de cuencas, de los que existen muchos ejemplos, como el caso de la cuenca del Júcar (ver el **caso de estudio 6.7.1**), o a escala de municipios o sectores económicos relacionados con el agua (p. ej., plan de adaptación de agricultura o energía). Estos procesos de planificación sirven también como ejercicios integradores que permiten, por una parte, definir escenarios y necesidades de adaptación y, por otra, determinar las distintas estrategias que pueden ser consideradas para cubrir estas necesidades. En el desarrollo de estos planes se han debido desarrollar herramientas de simulación y análisis especialmente diseñadas para representar distintos objetivos y la incertidumbre de largo plazo asociada a los impactos esperados (Marcos-García y Pulido-Velázquez, 2017; Khan *et ál.,* 2016; Esteve *et ál.,* 2015; Del Vasto-Terrientes *et ál.,* 2016).

6.4.3. Actividades de adaptación autónoma

En términos de la experiencia práctica se puede apreciar que, en general, las medidas de adaptación se están tomando de una manera reactiva a la ocurrencia de eventos extremos (sequías u otros eventos extremos). Esto sucede especialmente en las escalas de implementación más pequeñas, en las que se va reduciendo la capacidad (financiera, técnica) de poder considerar escenarios de largo plazo en un formato de planificación. En este sentido, existen muchos ejemplos de aplicaciones a una escala individual, como es el caso de agricultores, ganaderos (p. ej., energía solar para suministro de agua de camélidos; ver **caso de estudio 6.7.4.**), o dueños de hogar (Roco *et ál.,* 2016, Eakin *et ál.,* 2016), o a escalas urbanas agregadas, como es el caso de algunas megametrópolis que están siendo afectadas por eventos climáticos, como São Paulo (Di Giulio *et ál.,* 2018 y **caso de estudio 6.7.6**), Santiago (Vicuña *et ál.,* 2018 y **caso de estudio 6.7.7**) (ver ejemplos en **Tabla 6.3**). Un caso interesante son las aplicaciones a escala comunitaria que se están haciendo especialmente en América Central y América del Sur (p. ej., Minucci, 2016; De Lira Azevêdo, 2017). Una de las medidas que ha cobrado mucha relevancia en estas experiencias comunitarias tiene relación con los sistemas de cosecha de agua de lluvia (sistemas de captación y almacenamiento de aguas de lluvia). El caso de la comunidad Chortitzer en el Chaco paraguayo presentado en el **caso de estudio 6.7.5** es uno de muchos ejemplos de experiencias que se están desarrollando en la región, que además en muchos casos cuentan con interesantes conexiones con saber ancestral y modelos de gobernanza comunitarios (ver ejemplos en Verbist *et ál.,* 2018 y FAO, 2013).

6.5. Barreras, oportunidades e interacciones

En materia de gestión de recursos hídricos, para asegurar la correcta (eficiente, justa, sin conflictos o impactos ambientales) conexión entre las necesidades y la provisión de recursos hídricos, independiente de los impactos del cambio climático, se requiere una gobernanza adecuada con su conjunto de reglas e instituciones. Una gobernanza inadecuada pasa a ser una barrera en la implementación de medidas de adaptación en el contexto del cambio climático. De acuerdo con Magrin *et ál.* (2014), en América Central y América del Sur a un nivel institucional se han desarrollado en los últimos años una serie de reformas y políticas con el objetivo de reducir la vulnerabilidad a la variabilidad climática. Ejemplos son la política nacional de recursos hídricos introducida en 1997 en Brasil y políticas similares introducidas en otros países de la región (Engle *et ál.,* 2011; Hantke-Domas, 2011). En Europa, en particular en las regiones mediterráneas, también se han revisado las condiciones de base institucional en la gestión

de los recursos hídricos, especialmente para hacer frente a eventos de sequía (Kahil *et ál.,* 2016; Garrote *et ál.,* 2016). La literatura reconoce las mejoras institucionales y de gobernanza que se requieren para lograr una adecuada implementación de las medidas de adaptación en la gestión de recursos hídricos (por ejemplo, Halsnæs y Verhagen, 2007; Engle y Lemos, 2010; Kuzdas *et ál.,* 2016; Hurlbert y Gupta, 2017; Loris *et ál.,* 2014). El uso de herramientas para la toma de decisiones permite evaluar los beneficios y costos asociados a la implementación de medidas de adaptación.

Algunas de estas barreras institucionales son menos evidentes a escalas más pequeñas, donde las decisiones son más fáciles de tomar, como en el caso de agricultores o dueños de hogar, como se presentó con anterioridad. Sin embargo, pese a esta facilidad de implementación a escalas muy pequeñas, es complejo contar con la información precisa que permita caracterizar las necesidades futuras de adaptación. Por otra parte, cuando las escalas espaciales aumentan, los desafíos de coordinación intersectorial y reconociendo intereses múltiples generan mayores retos en el momento de implementar medidas de adaptación. Esto puede ocurrir, por ejemplo, a escala de ciudades (Di Giulio *et ál.,* 2018), a escala de cuencas (Kumar *et ál.,* 2016; Del Vasto-Terrientes *et ál.,* 2016; Escriva-Bou *et ál.,* 2017) (ver **caso de estudio 6.7.1**) o a una escala de países o grupos de países (Hurlbert y Gupta 2017; Garrote *et ál.,* 2016) (ver **caso de estudio 6.7.2**). El problema de las interrelaciones a distintas escalas queda ejemplificado en los efectos que la implementación de una medida de adaptación, como podría ser la mejora en la eficiencia de riego, en una parte de la cuenca puede afectar al uso del agua en otras partes, si es que no se tiene en cuenta la gestión acoplada de uso del agua y uso del suelo (p. ej., Scott *et ál.,* 2014; Vicuña *et ál.,* 2014). Por otra parte, los ejemplos de soluciones a escala comunitaria, como es el caso de los sistemas de captación de aguas de lluvia (ver **caso de estudio 6.7.5**), muestran ejemplos donde la colaboración y el trabajo coordinado permiten la implementación de medidas de adaptación eficientes y efectivas. La planificación y colaboración a toda escala (comunidad, cuenca y país) es clave para definir estrategias exitosas.

Adicionalmente a las interacciones a distintas escalas, los sistemas de recursos hídricos tienen múltiples interacciones con otros sectores o sistemas que se ejemplifican en otros capítulos de este libro (p. ej., **Capítulo 3,** ecosistemas terrestres y acuáticos continentales; **Capítulo 7,** sector agropecuario; **Capítulo 10,** inundaciones y sequías; **Capítulo 13,** asentamientos urbanos y rurales; **Capítulo 15,** turismo; **Capítulo 16,** salud). Una conexión que se releva en este capítulo es la que existe entre el agua, la energía y los alimentos. Algunos ejemplos de estas relaciones son el **caso de estudio 6.7.2,** conectado con el consumo de electricidad para el bombeo de agua subterránea en México, o el **caso de estudio 6.7.4,** ligado al uso de paneles fotovoltaicos para la producción de agua para el ganado, o los múltiples ejemplos presentados respecto de los impactos del cambio climático sobre la producción de hidroelectricidad, especialmente relevante en América Central y América del Sur. Entender el nexo entre agua, energía y alimentos es clave para generar interacciones virtuosas y cobeneficios en el diseño de medidas de adaptación. Incluso incentivos mal orientados respecto del uso incorrecto de este nexo pueden generar casos de maladaptación.

6.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

Todavía falta tiempo para lograr la implementación y evaluación de medidas en el contexto de la incertidumbre de impactos en el largo plazo. En algunos casos, sin embargo, se empieza a visualizar la necesidad de ir adelantándose a estos impactos, aumentando los niveles de seguridad esperados en las obras. Por ejemplo, el caso de la ciudad de Santiago (ver el **caso de estudio 6.7.7**) muestra cómo las primeras obras que otorgan resiliencia a la producción de agua potable se han desarrollado de manera reactiva, después de algún evento extremo sin precedentes en el pasado reciente. Sin embargo, el ente regulador basado en esta experiencia ha empezado a exigir en los planes de desarrollo de estas empresas niveles de seguridad mayores, que puedan responder a eventos que aún no necesariamente han ocurrido. En general, el diseño de infraestructura es un tema que debe empezar a reconocer de manera más anticipada los impactos de largo plazo durante el periodo de operación de estas obras (MOP, 2017).

En un contexto en el que el clima (al igual que muchos otros factores que afectan a los recursos hídricos) cambia constantemente se requiere algún mecanismo para poder medir los avances o retrocesos en materia de adaptación (Varady *et ál.,* 2016). Tomando en cuenta el marco conceptual del capítulo, se destacan cuáles deben ser las métricas que ayuden a verificar el estado de avance respecto de la implementación de medidas de adaptación. En este sentido, los conceptos de seguridad hídrica, servicios ecosistémicos y bienestar humano aparecen como objetivos de primer orden (Ocampo-Melgar *et ál.,* 2016). En este contexto, los componentes de la seguridad hídrica y sus interrelaciones proveen los indicadores que idealmente se deben considerar. La bibliografía respecto de indicadores de seguridad hídrica es amplia y por ende existen múltiples ejemplos al respecto. Sin embargo, es importante reconocer que surgen dificultades en el momento de consensuar o implementar indicadores asociados a la seguridad hídrica (p. ej., Gunda *et ál.,* 2015).

6.7. Casos de estudio

En esta sección del capítulo se presentan los siete casos de estudio que reflejan la adaptación a los impactos del cambio climático en los recursos hídricos. Gran parte de los casos presentados tienen relación con la provisión de los recursos hídricos en términos del acceso a fuentes, o bien en términos

de la operación y diseño de infraestructuras que permitan lograr dicho acceso. Cabe destacar que existen alternativas para adaptarse en términos de reducción de consumo de agua, las cuales han sido abordadas en otros capítulos de este mismo informe (p. ej., el tema de consumo de agua para riego se trata en el **Capítulo 7** sobre recursos agropecuarios).

Los casos de estudio se han escogido para representar estrategias aplicadas a distintas escalas territoriales (nacional, cuenca, municipal) y en distintos contextos geográficos (ver **Figura 6.4** con ubicación de los casos de estudio) e institucionales.

6.7.1. Combinación de sistemas de apoyo a la decisión y talleres participativos para el diseño de medidas de adaptación en la demarcación hidrográfica del Júcar (España)

6.7.1.1. Resumen

Estudios previos han puesto de manifiesto los impactos del cambio climático en la demarcación hidrográfica del Júcar, mostrando una reducción significativa de las aportaciones de los ríos y una intensificación de los episodios extremos de sequía. Si a eso se unen los posibles cambios socioeconómicos y con ellos los cambios en la demanda de agua que se puedan dar en la cuenca, los retos a afrontar son significativos en cuanto a la gestión de los recursos hídricos. El uso de sistemas de apoyo a la decisión (DSS por sus siglas en inglés) ha permitido analizar de manera estructurada las consecuencias de varios escenarios globales de cambio climático y socioeconómico sobre el futuro en un contexto local, debatiendo e identificando medidas de adaptación con los principales usuarios. Mediante la combinación de DSS capaces de simular impactos y vulnerabilidades de los sistemas (incluyendo indicadores de costo y beneficio, así como modelos hidroeconómicos) con talleres participativos con los usuarios, se han podido evaluar y priorizar un conjunto de medidas de adaptación localmente relevantes. Estas medidas permitirían reducir notablemente el impacto del cambio previsto en los escenarios que se consideran más plausibles en la cuenca del Júcar.

6.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

La demarcación hidrográfica del Júcar está situada al este de España y está configurada por cuencas de diferentes ríos que desembocan en el mar Mediterráneo a lo largo de 574 km de costa. Tiene una extensión de 42.958 km² y una altitud máxima de 2.028 m s.n.m. La cuenca del río Júcar ocupa aproximadamente la mitad de la demarcación, siguiéndole en extensión la del río Turia. La temperatura media anual es de 15 °C, con mínimas de medias mensuales en invierno de 6 °C y máximas en verano de 26 °C. La precipitación total anual para 1940/41-2005/06 es de 513 mm (± 50 %), con veranos muy secos, de manera que muchos de sus cauces no presentan un régimen hidrológico permanente. Son frecuentes las tormentas intensas de tipo convectivo, que provocan inundaciones en ocasiones devastadoras. La evapotranspiración potencial es 907 mm/año, la evapotranspiración real, 432 mm/año y la escorrentía, 81 mm/año. Las aportaciones hídricas evaluadas en régimen natural son 3.460 hm³/año (80 % subterráneas). La demarcación cuenta con 5,2 millones de habitantes, aumentando considerablemente en época vacacional y siendo Valencia la principal ciudad, próxima a 1 millón de habitantes y con un alto desarrollo, donde la agricultura y el turismo son motores económicos específicos. El abastecimiento supone el 16 % de las demandas de agua, mientras que el regadío de 3.900 km² de tierras fértiles demanda el 80 %.

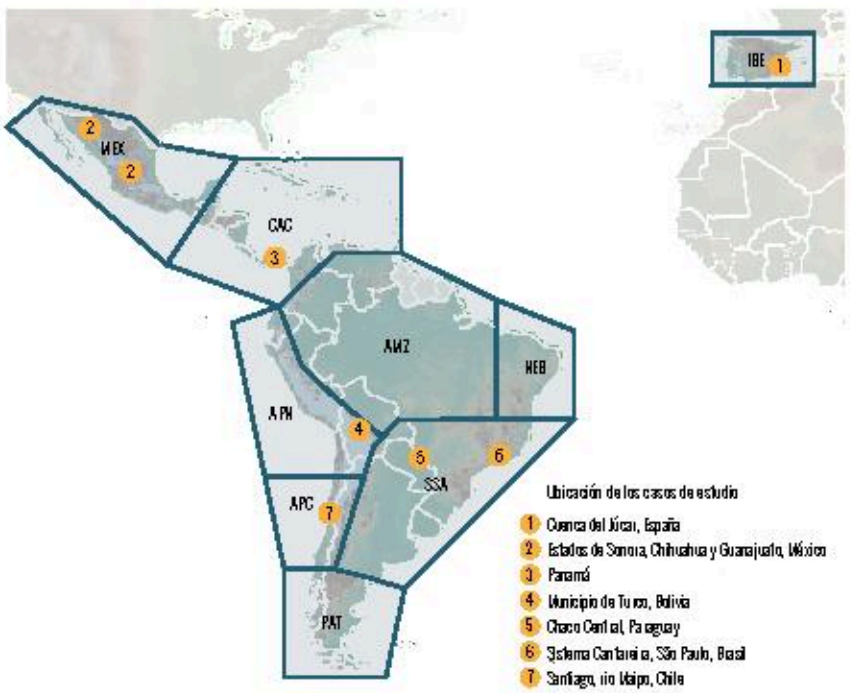


Figura 6.4. Mapa con la ubicación de los casos de estudio presentados en este capítulo. Leyenda de las regiones: México (MEX); América Central y Caribe (CAC); Amazonia (AMZ); NE de Brasil (NEB); sudeste de América (SSA); Andino-Pacífico Norte (APN); Andino-Pacífico Central (APC); Patagonia (PAT), y Península Ibérica (IBE). Fuente: elaboración propia.

Históricamente se han implementado actuaciones de mejora del aprovechamiento del agua y actualmente la demarcación está muy regulada, con 27 presas con capacidad de 3.300 hm^3 y una densa red de azudes y canales. El aprovechamiento es muy intenso, con ríos muy alterados y problemas de sobreexplotación de acuíferos, intrusión marina y contaminación. Se recurre a la reutilización del agua (120 hm^3/año), a la desalación (10 hm^3/ año) y al establecimiento de caudales ecológicos. Actualmente, no se cubren totalmente todas las demandas, con un déficit de 265 hm^3/año. Los problemas se agravan en periodos de sequía. La Administración española afronta estos retos mediante medidas de análisis, vigilancia y actuación contempladas en los planes hidrológicos y en los planes especiales de sequía de cada demarcación.

La Oficina Española de Cambio Climático y la Dirección General del Agua han promovido la realización de estudios de detalle para evaluar el impacto hidrológico del cambio climático tanto en los recursos hídricos y eventos extremos como en las demandas hídricas, ecosistemas y sistemas de planificación (MIMAM, 2000; CEDEX, 2012, 2017). Los resultados del análisis de impactos se han incorporado en los planes hidrológicos de cuenca para estimar el balance hídrico en el horizonte temporal lejano, siguiendo lo especificado en la instrucción de planificación hidrológica (MARM, 2008). Estos trabajos a cargo de CEDEX han ido actualizándose, y en el último (CEDEX, 2017) se utilizaron modelos y escenarios de emisiones que fueron usados en el IPCC-AR5. Los resultados se prevén utilizar en la actualización de los planes hidrológicos 2021-2027. Una característica común a las cuencas mediterráneas es la alta incertidumbre de los resultados del análisis de impactos, mostrada en el sesgo de la precipitación simulada, en la disparidad de resultados entre las distintas proyecciones y en las discontinuidades espaciales y temporales de los cambios. Dicha incertidumbre está relacionada con las características de la precipitación, muy irregular y con frecuentes episodios convectivos que son difíciles de representar por los modelos climáticos.

6.7.1.3. Descripción del caso

El plan hidrológico vigente de la demarcación del Júcar (2015-2021) considera la adaptación al cambio climático de dos maneras. Primero, haciendo los balances hídricos para los escenarios actual, corto y medio plazo con los recursos hídricos de las series hidrológicas desde 1980. La precipitación media para el periodo 1980-2011 ha disminuido un 2,8 % con relación a 1940-2011, lo que conlleva una bajada de las aportaciones de un 6,8 %. De ese modo, se está planificando la asignación de recursos y las inversiones, considerando esa disminución de recursos hídricos, bien sea debida al cambio climático, a un cambio en los usos del suelo o a otros factores.

La segunda manera es analizando el escenario a largo plazo (2033). Las demandas se actualizan y los recursos hídricos se estiman aplicando una reducción del 12 % a la serie del periodo 1940-2011; este porcentaje es la media de 6 proyecciones para el escenario de emisiones más desfavorable estudiado (en CEDEX 2012 se estudiaron los escenarios SRES A2 y B2). Es significativo que el sistema Júcar, que aporta más del 50 % de los recursos totales, presente una reducción de la aportación del 11,7 % (superior en un 40 % al porcentaje de reducción medio para el total de la demarcación). Así, el sistema Júcar ya ha experimentado en las últimas décadas una reducción similar a la aplicada en el Plan Hidrológico (12 %) para considerar el efecto del cambio climático (Marcos-García y Pulido-Velázquez, 2017a). En CEDEX (2017) se actualiza la evaluación para poder ser utilizada en los próximos planes, cifrándose la reducción de aportación para el horizonte lejano del año 2039 en 12 %, según el RCP 4.5, y en 21 %, según el RCP 8.5. Casi todos los sistemas tendrían problemas para satisfacer las demandas. Ese aumento del déficit se atenuaría fomentando el ahorro, diversificando las fuentes de suministro, flexibilizando y adaptando la gestión integrada del sistema e incrementando ocasionalmente la extracción de agua subterránea con un seguimiento exhaustivo de los niveles piezométricos. No obstante, existe mucha incertidumbre en torno al efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos, así como sobre las demandas y los ecosistemas. Así, no se consideran actuaciones adicionales a las ya tenidas en cuenta en el escenario anterior.

El plan contempla la financiación de estudios que posibiliten avanzar en el conocimiento y donde además se analicen las soluciones que permitan adaptar el programa de medidas del plan a las necesidades que se deriven del estudio. Asimismo, se comprueba la adecuación del programa de medidas del plan a los escenarios de cambio climático considerados, incluyendo la capacidad de adaptación de las medidas al cambio climático, así como su robustez y eficacia para alcanzar los objetivos de la planificación hidrológica.

Es previsible que el cambio climático agudice los efectos de las sequías, tanto porque habrá menos agua disponible como porque cambiará el régimen de ocurrencia, siendo más acusado en las áreas de topografía media-alta donde se generan y se pueden regular la mayoría de los recursos hídricos (CEDEX, 2017; Marcos-García *et ál.,* 2017). El Plan Especial de Sequía del Júcar, elaborado por la Confederación Hidrográfica, se basa en un sistema global de indicadores hidrológicos que sirven para la declaración formal de sequía y en unas reglas de explotación de los sistemas con las medidas a aplicar (gobernanza, ahorro, revisión de redes, mayor eficiencia de riego, pozos de sequía e intensificar extracciones, reutilización y desalación, etc.).

La planificación hidrológica se desarrolla con el apoyo de herramientas que constituyen los sistemas de apoyo a la decisión (DSS) para planificación y gestión de cuencas. El paquete de programas AQUATOOL para el desarrollo de DDS, desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia, se ha utilizado para evaluar el efecto del cambio climático y la eficacia de las medidas de adaptación.

Usando AQUATOOL como punto de partida, Escrivá-Bou *et ál.* (2017) presentan el desarrollo y la aplicación de un modelo

hidroeconómico para evaluar el impacto del cambio climático y el posible efecto de diferentes estrategias de gestión de la cuenca del Júcar. Se espera un significativo impacto del aumento de las sequías y los déficits de suministro a las demandas, evaluado en 1 millón de euros en el caso base (aportaciones actuales), y hasta 8, 21 y 91 millones de euros en los escenarios de corto plazo, mediano y largo plazo, respectivamente, asumiendo que no haya cambios en la infraestructura u operación del sistema (escenario *business-as-usual*). Sin embargo, el sistema podría ahorrar entre 3 y 65 millones de euros por año de las pérdidas económicas esperadas mediante la aplicación de diferentes estrategias de adaptación.

El primer paso para el diseño de estrategias de adaptación es la evaluación de las implicaciones para la planificación derivadas de los impactos identificados (Marcos-García y Pulido-Velázquez, 2017b). A continuación, es necesario identificar posibles medidas a implementar en el sistema para abordar los riesgos del cambio climático, incluyendo no solo medidas estructurales, sino también instrumentos de comunicación y concienciación, formación y asistencia técnica, coordinación y planificación; legislación y regulación, e instrumentos económicos (p. ej., políticas de precios, mercados del agua, etc.).

En el caso de estudio del Júcar, el diseño de medidas de adaptación se ha desarrollado a través modelos hidroeconómicos que son capaces de representar aspectos hidrológicos, ingenieriles, ambientales y económicos de los sistemas de recursos hídricos. Adicionalmente, se han desarrollado herramientas participativas con actores clave del sector agrícola para estudiar cómo perciben los agricultores los impactos del cambio climático, qué cambios y qué medidas de adaptación identifican, y cómo las valoran, usando supuestos climáticos y socioeconómicos diferentes (Sanchis-Ibor *et ál.,* 2018). Posteriormente se contrastaron y validaron estas medidas en un taller con gestores, expertos y representantes de los diferentes grupos de interés de la cuenca. Las medidas han sido después evaluadas mediante un modelo hidroeconómico desarrollado para la cuenca del Júcar. Esto permite comparar costos y beneficios esperados de las distintas estrategias de adaptación previamente identificadas en un enfoque de abajo arriba para los escenarios desarrollados mediante el enfoque de arriba abajo y así poder priorizar medidas de adaptación. Otro asunto es el diseño de un reparto equitativo de los costos que conlleva el proceso de adaptación, tema que fue abordado en un estudio previo para la cuenca del río Orb en Francia (Girard *et ál.,* 2016).

6.7.1.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas

Uno de los grandes retos en la implementación de estrategias de adaptación es cómo hacer frente a la incertidumbre en los resultados de los análisis de impactos. En relación con los esfuerzos para reducir la incertidumbre en las proyecciones climáticas, hoy en día se plantea un nuevo paradigma que asume la incertidumbre como inevitable y se orienta a conseguir sistemas más robustos y flexibles. Esta es la filosofía detrás del estudio que se lleva a cabo en la cuenca del Júcar.

El sistema Júcar es un sistema complejo que ha planteado notables retos de gestión durante décadas que se han ido afrontando con soluciones imaginativas e innovadoras. Sin embargo, la rigidez del sistema de derechos del agua y la inercia a los cambios plantean dificultades a la hora de flexibilizar la gestión del recurso para hacer frente a los retos futuros. La puesta en marcha de algunas de las medidas analizadas (p. ej., políticas de precios del agua) requerirá de una dosis importante de voluntad y consenso entre las partes.

Aunque el cambio climático es una preocupación mundial, los problemas de agua son locales (Escrivá-Bou *et ál.,* 2017). Se necesita un análisis a fondo del contexto local para tener en cuenta las respuestas de adaptación. En el caso de la cuenca del Júcar, el estudio interdisciplinar se ha visto favorecido por el hecho de ser una zona piloto en España en muchos casos (p. ej., trabajos de implementación de la Directiva Marco del Agua europea en España), lo que ha permitido disponer de un gran número de datos y estudios, así como de modelos de gestión previos con una trayectoria consolidada en aplicaciones prácticas, y con una credibilidad ganada a lo largo del tiempo entre las partes interesadas de la cuenca (Paredes-Arquiola *et ál.,* 2010).

La utilización de los DSS supone un apoyo técnico valioso de cara a transmitir el conocimiento del impacto del cambio climático, las posibles medidas a aplicar y sus repercusiones económicas. De ese modo, se está consiguiendo una mayor implicación y participación de los actores, disminuyendo su reticencia a la adopción de medidas tendentes al ahorro y mejor distribución del agua existente.

Por otra parte, los talleres con los usuarios han permitido integrar la visión de los principales actores (gestores, técnicos, usuarios) en el diseño de una estrategia de adaptación al cambio climático y global en la cuenca del Júcar. La participación local resultó clave para elaborar una visión más holística de la evolución del sector agrícola (mayor usuario del agua en la cuenca, con casi el 80 % de la demanda) y sus implicaciones para la gestión del agua. Así, la discusión aportó aspectos novedosos, como la incidencia que podría tener el desarrollo de energías renovables en la sobreexplotación de acuíferos (al reducir los costos de extracción), o el observado incremento del abandono de explotaciones en las zonas litorales, que podría resultar en un mayor acaparamiento de tierras y de agua (Sanchis-Ibor *et ál.,* 2018).

Los estudios de adaptación permiten identificar vulnerabilidades y también oportunidades para afrontar los riesgos y demandas futuras. Con ese fin, es vital analizar con detalle esos riesgos tanto en la situación actual como en el futuro. Además, es vital la difusión del conocimiento del riesgo, no solo a los técnicos y responsables, sino a todos los acto-

res, usuarios y población en general, utilizando los medios de comunicación social y haciendo especial hincapié en las reuniones con los implicados. Los DSS y la integración de los enfoques de arriba abajo y de abajo arriba se han revelado útiles para el diseño de estrategias de adaptación, permitiendo identificar, priorizar y evaluar las opciones de adaptación relevantes a nivel local, teniendo en cuenta los criterios prioritarios para los grupos de interés de la cuenca.

6.7.2. Electricidad para el uso de agua subterránea en México: oportunidades y limitaciones para la respuesta de adaptación al cambio climático

6.7.2.1. Resumen

El uso de aguas subterráneas en el riego contribuye significativamente a la productividad agrícola en México. Sin embargo, hay dos factores preocupantes: la matriz de generación eléctrica actual que depende en gran medida de los hidrocarburos y el suministro de electricidad subsidiado para el bombeo de aguas subterráneas se combinan, sin políticas adecuadas, para dar como resultado el agotamiento de los acuíferos y altas emisiones de gases de efecto invernadero. Este caso de estudio presenta el análisis y los hallazgos del nexo entre el agua (en este caso agua subterránea), la energía y los alimentos en Chihuahua, Sonora y Guanajuato, los tres estados mexicanos con el mayor consumo de electricidad para el bombeo de agua subterránea. En todo México, el suministro de electricidad nocturno a tarifas subsidiadas se introdujo en 2004, y la proporción del bombeo nocturno de agua de riego en comparación con el bombeo diurno continúa aumentando hasta el presente. El nexo agua, energía y alimentos puede utilizarse para identificar un conjunto de patrones de uso de recursos, implicaciones de políticas y opciones de respuesta adaptativa, como por ejemplo, el riego nocturno, que disminuye la evaporación y aumenta la transpiración. Los agricultores requieren otros estímulos para no solamente bombear de noche, sino también aplicar el riego a los cultivos durante la noche con el fin de realizar un ahorro verdadero de agua. El nexo también puede representar una de las herramientas para responder de manera adaptativa al cambio climático, principalmente a través de acciones sinérgicas de adaptación y mitigación. La coordinación de políticas públicas para el agua, así como para la energía, presenta oportunidades reales en este sentido.

6.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

Este caso de estudio examina las conexiones entre electricidad, agua y la producción de alimentos en el contexto de cambio climático con referencia específica a la gestión de aguas subterráneas en México. El caso de México se presenta como un ejemplo instructivo y apremiante, dada su dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía, su mayor dependencia en aguas subterráneas para riego y otras demandas de agua, y su locación geográfica y vulnerabilidad a los impactos del cambio climático.

El centro y norte de México son especialmente sensibles a las interacciones de clima, agua, energía y alimentos, dado que esta región está experimentando escasez de agua impulsada por el cambio climático, la variabilidad hidrológica y las demandas humanas de agua. Estudios recientes basados en el 4.º Informe del IPCC (p. ej., Scott, 2011) más el registro observacional (Matías y Magaña, 2010; Brito-Castillo, 2012) indican que bajo las proyecciones CMIP5 las regiones áridas y semiáridas del centro y norte de México enfrentarán un incremento de temperatura y una variabilidad de la precipitación que contribuirán a una creciente escasez del agua. El riego con aguas subterráneas ha sido uno de los pilares para la agricultura y la producción ganadera de esta región, al menos durante las últimas tres décadas. Los datos oficiales muestran que el uso actual del agua subterránea para fines del sector primario (agricultura y ganadería) es de 23,8 km^3/año a nivel nacional (de un total de 33,8 km^3 del agua subterránea utilizada para todos los fines) en comparación con 49,1 km^3 de agua superficial a nivel nacional considerada para todos los fines, excluyendo la generación hidroeléctrica, considerada como uso no consuntivo (CONAGUA, 2017). La generación eléctrica de México está dominada por combustibles fósiles (CFE, 2013: Sheinbaum-Pardo *et ál.,* 2012; Santoyo-Castelazo *et ál.,* 2011).

6.7.2.3. Descripción del caso

Con base en los datos presentados en la **Tabla 6.4,** el bombeo de agua subterránea en México en 2009 dio como resultado emisiones estimadas de 4,7 millones de toneladas métricas de CO_2, equivalentes al 3,6 % del total de emisiones de combustibles fósiles a nivel nacional de 129,8 millones de toneladas

Tabla 6.4. Emisión de CO_2 asociado a generación eléctrica en México. Fuentes: (a) IEA (2019); (b) EIA (2019).

Combustible	Factor de emisión (TCO_2/MWh[a])	Porcentaje generación en México[b] (%)
Carbón	0,95	10,8
Gas natural	0,51	60,0
Petróleo	0,73	10,6
Hidroeléctrico, geotérmico, eólico, solar	0	15,3
Nuclear	0	3,3
Matriz de generación completa	0,49	100

métricas en 2008 (Boden *et ál.,* 2011). En ubicaciones con bombas dinámicas profundas, se emitió hasta 0,22 kg de CO_2/m^3 de agua subterránea bombeada. Es importante destacar que una revisión de las condiciones recientes (hasta el año 2016) de generación de electricidad en México (IEA, 2019; Banco Mundial, 2019) da cuenta de que la situación no ha cambiado de manera importante en los últimos años, de acuerdo con la información públicamente disponible.

Los estados mexicanos que bombean los volúmenes más altos de agua subterránea para riego son los que históricamente han sido los más productivos en agricultura: Chihuahua y Sonora en el noroeste y Guanajuato en el centro del país. Los nuevos pozos se declaran prohibidos en acuíferos catalogados como sobreexplotados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); esto se aplica a 100 acuíferos a nivel nacional (de 653 del total evaluados), 11 en Chihuahua (61 en total), 11 en Guanajuato (18 en total) y 12 en Sonora (60 en total).

Las tarifas de energía eléctrica varían según el tipo de conexión, hora del día y región. Una tarifa subsidiada (conocida como tarifa 09) está disponible «para bombear agua para agricultura de riego» (CFE, 2013). En 2003 se introdujo la «tarifa de estímulo nocturna para bombeo de agua para riego agrícola» (09-N, aplicable para el bombeo entre la medianoche y las 8.00 h), que entró en vigor en 2004. Las tarifas 09 y 09-N proporcionan excelentes representaciones para el uso de agua subterránea agrícola (Muñoz *et ál.,* 2006). La electricidad para el bombeo de agua subterránea es subsidiada por un factor de dos a cuatro veces en comparación con las tarifas comerciales, mientras que el bombeo nocturno es subsidiado a un 20 % por debajo de las tarifas diurnas.

El efecto «estímulo» de la tarifa eléctrica 09-N para promover el cambio del bombeo diurno a bombeo nocturno ocurrió en todo el país (**Figura 6.5a**) y es evidente para los tres estados de interés (**Figuras 6.5b, c, d**), los cuales también muestran las tendencias del porcentaje de electricidad utilizada para el bombeo de aguas subterráneas agrícolas (ASA) respecto de la oferta total. El riego nocturno a menudo implica costos adicionales para construir represas para almacenar el agua bombeada hasta que la mano de obra agrícola esté disponible para las operaciones durante el día. Esto puede requerir un bombeo subsiguiente para presurizar el equipo de riego incluyendo sistemas de goteo y rociadores. En algunos casos, las bombas de energía solar se utilizan para aplicaciones de baja presión, como el riego por goteo, pero la energía de la red sigue siendo esencial para el bombeo profundo.

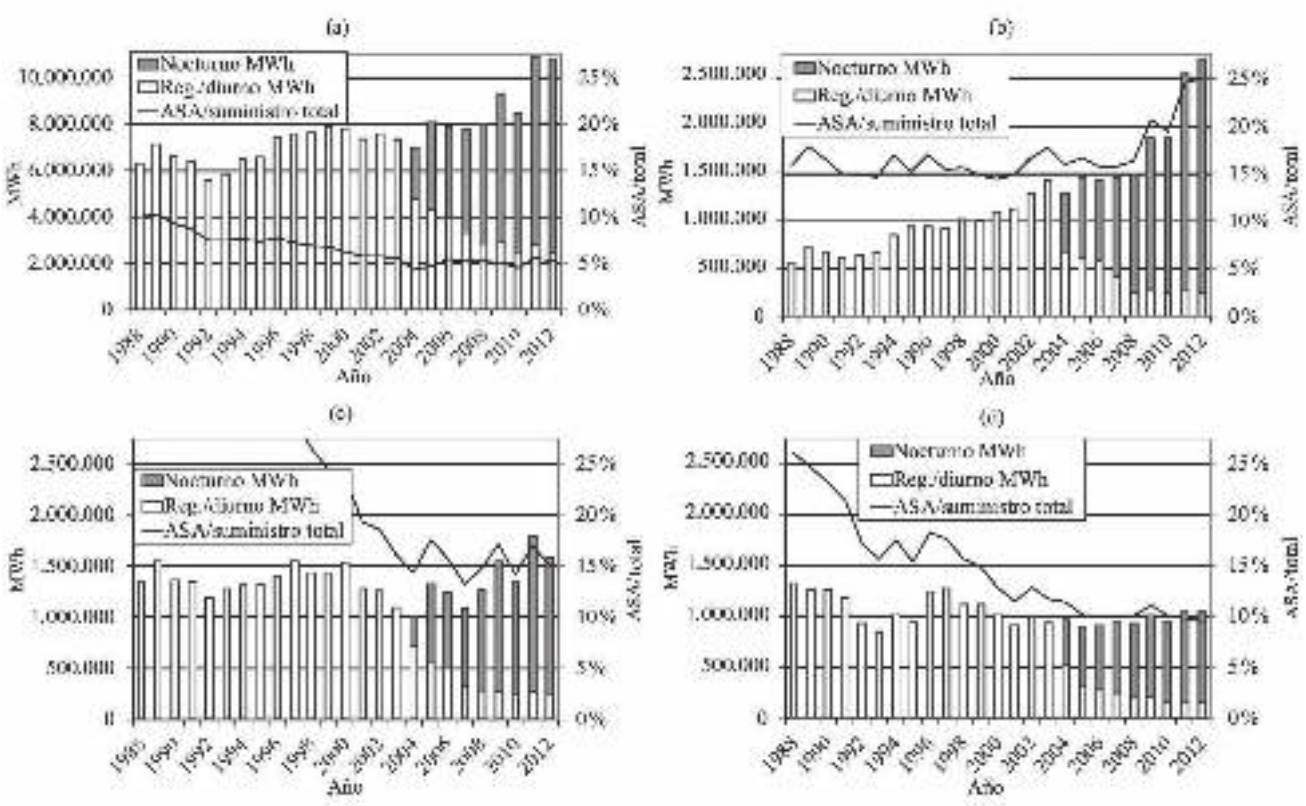


Figura 6.5. Electricidad utilizada para bombear agua subterránea agrícola para (a) México a nivel nacional, y los estados de (b) Chihuahua, (c) Guanajuato y (d) Sonora, 1988-2012, mostrando el cambio a bombeo nocturno y la fracción de electricidad para el bombeo de agua subterránea agrícola en la oferta total de electricidad a nivel estatal. Fuente: Scott, 2013.

El cambio a la oferta nocturna en el 2004 dio lugar a aumentos en las extracciones de aguas subterráneas a nivel nacional, incluso cuando se toman en cuenta los efectos de la caída de los niveles de agua que requieren más electricidad para bombear un volumen dado de agua (Scott, 2011). El aumento continuo del bombeo es más pronunciado en el estado de Chihuahua, donde el riego actualmente consume más de un cuarto de toda la electricidad de este estado y bombea casi 6 km³ de agua subterránea al año con un aumento del 44 % en solo tres años a partir de 2010-2012. En este caso, la electricidad para bombeo de aguas subterráneas agrícolas aumentó 9,6 % por año durante los siguientes ocho años con respecto al 2004, comparado con un 4,0 % por año durante los ocho años anteriores (incluso mientras la energía total suministrada en el estado para todos los propósitos disminuyó su tasa de crecimiento después de 2004). Fue la manera de abordar desde una perspectiva política más seria, pero a la vez más sencilla, en la que Chihuahua continuó agregando nuevos usuarios de aguas subterráneas agrícolas (nuevas conexiones eléctricas) a una tasa compuesta del 3,3 % por año después de 2004; Sonora y Guanajuato, después de 2004 agregaron nuevos usuarios de agua subterránea agrícola al 2,0 % y 0,9 %/año, respectivamente. Además, para mitigar las condiciones de sequía en Chihuahua (INE, 2013), las cuales fueron catalogadas como «catastróficas» por el gobernador (Milenio, 2012), los gobiernos federales y estatales respondieron a los esfuerzos de cabildeo por parte de los grandes agricultores y cancelaron una porción de las facturas de electricidad no pagadas de los agricultores estimadas en un total de más de 200 millones de dólares solo en este estado (Jornada, 2012). Estas tendencias tienen implicaciones importantes para la sostenibilidad del uso de los recursos (ver **Figura 6.6**) y, como se verá más adelante, ofrecen oportunidades de adaptación al cambio climático.

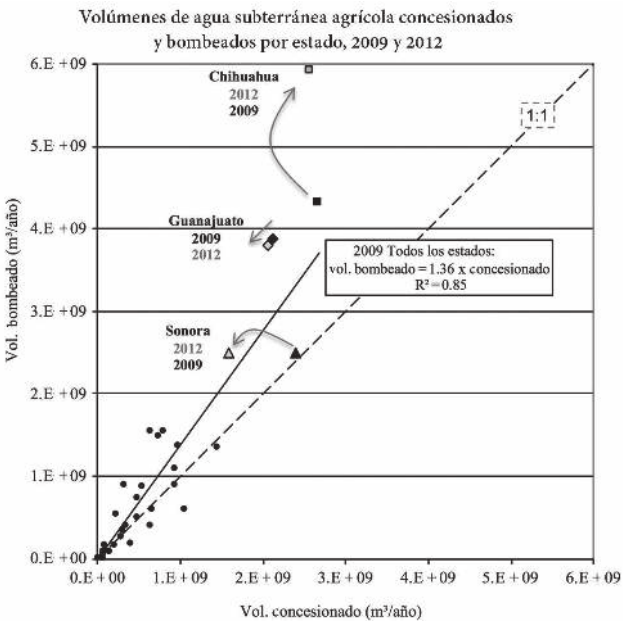


Figura 6.6. Relación de los volúmenes de agua subterránea agrícola bombeados (derivados del consumo de electricidad medida) y volúmenes reportados por cada estado en México en 2009, mostrando los cambios en 2009-2012 para los estados de Chihuahua, Guanajuato y Sonora. La relación mayor a 1:1 entre el volumen bombeado y el volumen concesionado indica que el seguimiento de las concesiones es ineficaz en los estados de mayor explotación de aguas subterráneas. Nota: 1,0 E + 09 m³ = 1 km³. Volumen bombeado (m³) = energía (kWh) × eficiencia/ascenso (m)/0,0026 (conversión constante). Fuente: Scott, 2013.

6.7.2.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas

El nexo agua, energía y alimentos es una gran oportunidad para la gestión y política de estos recursos. Si bien ejemplos de casos presentados en este trabajo, como el de México, ofrecen información específica sobre las interconexiones entre electricidad, agua y clima, estos también pueden utilizarse para identificar un conjunto más amplio de patrones de uso de recursos, implicaciones de políticas y opciones de respuesta adaptativa. Un ejemplo claro es el riego nocturno, práctica que tiende a disminuir la evaporación y aumentar la transpiración. Si bien la transición de riego diurno a nocturno en 2004 fue resultado de políticas tarifarias, los agricultores requieren otros estímulos para no solamente bombear de noche, sino también aplicar el riego a los cultivos durante la noche para realizar un ahorro verdadero de agua. En cambio, si el riego nocturno u otras prácticas de aumentar la eficiencia solo facilitan un aumento de superficie regada, no se ahorra el agua (Lankford *et ál.,* en revisión).

El potencial de aprovechamiento del nexo entre aguas subterráneas y energía para la gestión sostenible del acuífero depende de que los responsables de la formulación de políticas y los usuarios de las aguas subterráneas identifiquen intervenciones eficaces en la oferta y el precio de la electricidad (Scott y Shah, 2004; Shah, 2009), así como otros mecanismos de soporte que sean políticamente viables y aceptables para todos los agricultores a fin de compensar los impactos perjudiciales para los usuarios, incluyéndolos mediante transferencias de efectivo e incentivos para cambiar los patrones de cultivo, reducir el área irrigada y adoptar tecnologías que ahorren agua (Muñoz *et ál.,* 2006).

El nexo también puede representar una de las herramientas para responder de manera adaptativa al cambio ambiental global, principalmente a través de acciones de adaptación y mitigación del clima. La coordinación de políticas públicas para el agua (por ejemplo, otorgar volúmenes titulados de agua menores al suministro renovable, manteniendo una reserva estratégica de agua para contingencias futuras que inevitablemente se derivarán del cambio climático e invirtiendo en la gestión de la recarga de acuífero), así como para la energía (por ejemplo, la eliminación escalonada de las

subvenciones arancelarias analizadas en detalle por Scott 2011, con gestión de la demanda y los límites del consumo de energía para limitar las emisiones), presenta oportunidades reales.

El uso sostenible de las aguas subterráneas puede representar una respuesta adaptativa al cambio climático si el agua y los recursos energéticos se gestionan conjuntamente, incluida la eliminación juiciosa de los subsidios a la electricidad utilizada para bombear agua subterránea. Esto fortalecería tres objetivos centrales de política: (1) mantener o mejorar el bienestar humano salvaguardando las aguas subterráneas para el abastecimiento de agua potable y apoyo a los medios de subsistencia; (2) proteger la integridad de los servicios de los ecosistemas al asegurar el flujo de los hábitats ribereños y el valor de las amenidades humanas, y (3) reducir las emisiones.

6.7.3. Plan Nacional de Seguridad Hídrica de Panamá

6.7.3.1. Resumen

El primer Plan Nacional de Seguridad Hídrica de la República de Panamá fue un ejercicio multidisciplinario de planificación de corto, mediano y largo plazo como respuesta a la variabilidad y cambio global, incluyendo el fenómeno El Niño y su impacto en el recurso agua en poblaciones que ya presentan problemas en su balance de agua disponible para los diversos usos. Este plan es una hoja de ruta solidaria que, ante su efectiva implementación, asegurará la disponibilidad de este abundante recurso, respaldando así el crecimiento socioeconómico inclusivo y asegurando la integridad ambiental de las 52 cuencas hidrográficas. El plan además facilita el proceso de descentralización de funciones estatales y ayuda a reducir la migración interna y a mejorar la calidad de vida y las oportunidades de la población rural. Como parte de los impactos directos del plan, se destaca la creación de la instancia de gobernanza hídrica denominada Consejo Nacional del Agua como un impulso hacia una nueva cultura del agua en Panamá. De esta manera, Panamá es pionero en Centroamérica en adoptar el concepto de seguridad hídrica ante el cambio climático como política de Estado y con miras a acelerar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible con metas para 2030.

6.7.3.2. Introducción a la problemática del caso

Panamá experimenta cambios estacionales y espacialmente diferenciados de manera hidroclimática (ver **Figura 6.7**). Por su hidrografía, la disponibilidad de agua dulce per cápita estimada (definida como la diferencia entre la precipitación promedio anual y la evapotranspiración real) es de 29.000 m^3, según MiAMBIENTE (2017), de lo que solo se utiliza el 25,8 %. A pesar del superávit, aún persisten retos de seguridad hídrica en los habitantes: el 7,5 % aún no tienen cobertura de agua potable, el 10 % no cuenta con servicio de saneamiento, y el 30 % no dispone del líquido las 24 horas. La zona más seca, llamada Arco Seco, ya refleja una alteración en el balance de disponibilidad de agua, particularmente en época seca, durante la cual la sequía suele intensificarse.

Para MiAMBIENTE (2017), tanto el incremento de los eventos climáticos extremos como el fenómeno de El Niño en 2015 se relacionan con una marcada disminución de lluvias y reducción en el abastecimiento del agua potable, contexto en el que la competencia hídrica aumenta diariamente. La mayor demanda de agua se concentra en la vertiente del Pacífico, donde habita el 83 % (2,96 millones de personas) de la población y se concentra más del 70 % las actividades económicas. ANAM (2013) indica que tal situación ha provocado un intensivo uso de las aguas subterráneas por medio de pozos, tal y como ocurre en el Arco Seco, donde existe un riesgo latente a futuro. De hecho, el IPCC indica que los escenarios de cambios en la precipitación hacia 2081-2100 estarán en +/- 10 %, es decir, cercanos a la variabilidad climática histórica y coincidiendo con las condiciones históricas de dicha zona, donde los eventos climáticos extremos (sequías e inundaciones) están presentes (Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá, 2018).

6.7.3.3. Descripción del caso

El Plan Nacional de Seguridad Hídrica (PNSH) 2015-2050: Agua para Todos es un ejercicio de planificación a diversos horizontes y desarrollado en «un momento particularmente histórico» al conjuntarse factores de política sobre el crecimiento económico inclusivo, la entrada en operación del canal interoceánico ampliado, el proceso de descentralización de la gestión pública y los retos impresos del cambio climático global en relación con el agua.

El PNSH plantea cinco retos y metas asociados a su solución en términos de cobertura y suministro, disponibilidad del recurso, restauración de cuencas, infraestructura y nueva cultura de uso del recurso. Ante un diagnóstico elaborado conjuntamente con 19 instituciones con competencias en el tema, los resultados fueron presentados y validados en foros públicos de consulta abierta con representantes de todos los sectores que utilizan el agua. Con ello se han planteado cinco metas para el periodo 2015-2050:

- Meta n.° 1: acceso universal a agua de calidad y servicios de saneamiento.
- Meta n.° 2: agua para el crecimiento socioeconómico inclusivo.
- Meta n.° 3: gestión preventiva de los riesgos relacionados con el agua.
- Meta n.° 4: cuencas hidrográficas saludables.
- Meta n.° 5: sostenibilidad hídrica.

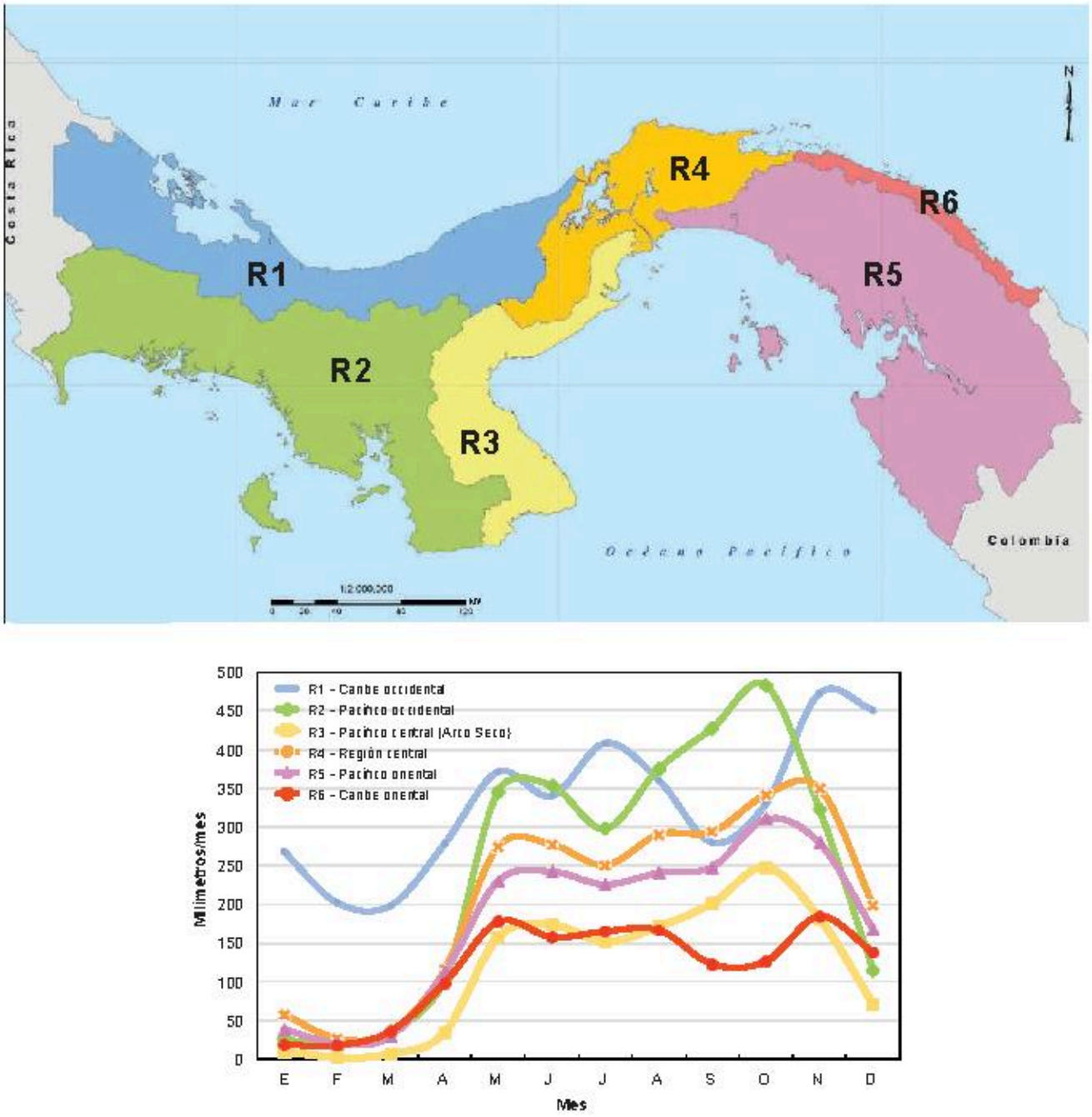


Figura 6.7. Regiones hidroclimáticas de Panamá (sup.) y datos mensuales de lluvia interanual promedio para cada una de ellas (inf.) en el periodo 1981-2014. Leyenda de colores de las regiones: R1, Caribe occidental (azul); R2, Pacífico occidental (verde); R3, Arco Seco (naranja); R4, Región central (amarillo); R5, Pacífico oriental (rosa); R6, Caribe oriental (rojo). Fuente: Aguilar *et al.* (2016).

Cada meta cuenta con acciones concretas y respectivos proyectos y/o actividades con inversiones y prioridades indicativas a corto, mediano y largo plazo a fin de garantizar las fuentes hídricas y el suministro de agua necesario para la seguridad hídrica.

El PNSH se sustenta en el Plan Estratégico de Gobierno (PEG, 2014), que establece en su Eje 6: «Respeto, defensa y protección del medio ambiente», y hace énfasis en el desarrollo de políticas públicas en armonía con el medio ambiente; gestión de desastres, mitigación y adaptación al

cambio climático. Por ello, el respaldo institucional se impulsa desde el Ministerio del Ambiente, que, a su vez, establece la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y ejecuta el Programa Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos 2010-2030 (PNGIRH). Tanto la política como el programa nacional incorporan acciones programáticas para asegurar la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo, así como la atención, protección y conservación de los ecosistemas, incluyendo la satisfacción de las demandas de agua de forma equitativa, considerando la disponibilidad en cantidad y calidad requerida del recurso como parte fundamental del desarrollo integral del país.

Así, la prioridad del PNSH está relacionada con: 1) la prioridad estratégica de gobierno; 2) la adaptación al cambio climático y reducción de la vulnerabilidad en los recursos hídricos, temas de interés nacional y cónsono con la PNCC; 3) la coherencia que guarda con las acciones programáticas de MiAMBIENTE en cambio climático, gestión de cuencas hidrográficas y Evaluación Tecnológica de Necesidades (terminada en marzo de 2018), donde el Arco Seco ha sido una región de intervención ante la problemática relacionada con la calidad y cantidad de agua, y 4) el esquema de coordinación interinstitucional, que involucra a las 27 instituciones gubernamentales y academia a fin de aprovechar la red de conocimiento sobre la temática de cambio climático en sus respectivos sectores.



Retos del Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050:

- Cobertura y suministro sostenido con agua de calidad y servicios de saneamiento.
- Disponibilidad del recurso para sectores productivos ante un clima cambiante.
- Restaurar y mantener saludables las 52 cuencas hidrográficas del país.
- Mantenimiento de la creciente infraestructura nacional de agua y saneamiento.
- Evolucionar hacia una cultura de uso responsable y compartido del agua.

Figura 6.8. Retos del Plan Nacional de Seguridad Hídrica de Panamá. Fuente: elaboración propia.

6.7.3.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas

El PNSH es concebido como un esfuerzo nacional de mediano y largo plazo que busca representar las diversas demandas y usos del agua para la seguridad hídrica, alimentaria y energética, incluyendo el turismo recreativo, transporte marítimo y belleza escénica. Dado el complejo esquema de interacción entre las instituciones participantes, aún es necesario afianzar temas conceptuales sobre la adaptación al cambio climático para su apropiación y consideración en los planes sectoriales a fin de lograr una política institucional y de Estado más acorde a los retos actuales. A pesar de las múltiples actividades de interacción entre interesados y procesos de diseminación durante la elaboración del PNSH, sigue siendo provechoso aumentar las capacidades institucionales para una mejor internalización institucional que a su vez logre cambios sin precedentes para el aprovechamiento del recurso hídrico en armonía con el ambiente y su desarrollo nacional, así como para permitir la óptima implementación y seguimiento. También es pertinente contar con el respaldo financiero necesario para mantener la sostenibilidad de las acciones y dar celeridad a las medidas establecidas ante el cambio climático, en particular a la seguridad hídrica en Panamá.

Durante la elaboración del PNSH surgieron aspectos para su consideración como lecciones aprendidas para futuros procesos relacionados con la seguridad hídrica. Por ejemplo:

- Es necesario contar con un marco normativo, jurídico e interinstitucional acorde con los nuevos retos ambientales que se afrontan, particularmente los relacionados con la gestión del recurso hídrico y la atención al cambio climático.
- La diseminación e implementación de los resultados debe sobrepasar Administraciones a fin de asegurar la mejor sostenibilidad de las acciones. Para ello, todos y cada uno de los involucrados deben tener, entre otros factores, la definición clara de sus roles, responsabilidades y alcances.
- Es necesario fomentar la internalización de los resultados en todos los niveles de intervención nacional, particularmente hacia aquellas unidades administrativas de gobierno local o municipios donde la política institucional, implementación de acciones y planificación del territorio en general son palpables y requieren de mayor guía y acompañamiento en sus funciones cotidianas.
- El fortalecimiento de las capacidades institucionales para la atención del cambio climático debe percibirse como un proceso continuo y abarcador, donde sean involucrados aquellos sectores no tradicionales o con menor competencia en temas ambientales, partiendo de la consideración de la igualdad de responsabilidades, aunque diferenciadas.

6.7.4. Energía fotovoltaica para la extracción de agua para bebederos de camélidos en el municipio de Turco, Bolivia

6.7.4.1. Resumen

El Altiplano boliviano es un área con características climáticas singulares, siendo una región árida, con una altura superior a los 3.500 m s.n.m. La afectación del cambio y la variabilidad climática en la región tendrían un alto impacto para la población, que, por su nivel de pobreza, tiene una alta vulnerabilidad a cambios externos. El municipio de Turco, Oruro, es un lugar de base productiva camélida. Recientemente, fruto de los impactos por sequías extremas que afectan a la oferta del agua, se están desarrollando medidas de adaptación que fortalezcan la resiliencia de las comunidades locales mediante el incremento de la seguridad hídrica. La medida plantea un sistema de bombeo de agua subterránea impulsado por energía solar, el cual se implementa principalmente en sectores alejados de conglomerados urbanos donde no se cuenta con energía eléctrica. El recurso se almacena en tanques de agua que después se distribuyen a bebederos de camélidos y sirven también para el riego de humedales altoandinos. Esta estrategia no solo incrementa la seguridad hídrica de la región; es, además, una estrategia de mitigación de emisión de gases de efecto invernadero por utilizar energía solar para su funcionamiento.

6.7.4.2. Introducción a la problemática del caso

Turco es un municipio rural ubicado al oeste del Altiplano boliviano con una altura promedio de 3.860 m s.n.m., su población alcanza aproximadamente 5.207 habitantes con una proyección de 6.287 habitantes que tenía para 2018 (Gobierno Autónomo Municipal de Turco, 2017). El porcentaje de habitantes bajo la línea de pobreza es de 95,8 % y la disponibilidad de energía eléctrica, menor al 60 % (Instituto Nacional de Estadísticas, 2012). El municipio tiene tres distritos, con tres conglomerados urbanos, aunque la mayoría de la población se encuentra en unidades familiares muy dispersas a lo largo de los 3.973 km^2 de territorio.

La crianza y producción de llamas y alpacas en Turco es una actividad eminentemente indígena-campesina, constituyendo la principal actividad económica de sus habitantes. El impacto de la actividad productiva de camélidos en el ingreso económico de los productores es muy importante, puesto que la producción de fibra, carne y cuero aporta en promedio general 488 dólares anuales a la economía familiar (MDRyT, 2016). Para las familias de Turco, la visión de crianza de camélidos no es empresarial, sino más bien cultural y de subsistencia, con un sistema productivo tradicional desde tiempos inmemoriales y basado en el uso extensivo de praderas nativas.

Las familias criadoras de camélidos de Turco son fuertemente vulnerables a las amenazas del cambio climático debido principalmente al bajo nivel de inversión en sus sistemas productivos y a la alta dependencia de las variables climáticas. En la última década se ha registrado un incremento muy grande de emergencias relacionadas con condiciones climáticas, constatándose que el 68 % de estas son de origen hidrometeorológico (MDRyT, 2016). El clima presenta características propias del altiplano con alta radiación solar, la temperatura máxima en el año es de 26 °C y la mínima de -15 °C, con una precipitación promedio de 420 mm (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016). Los meses secos de junio a noviembre impactan en gran medida el acceso al agua, especialmente para el ganado camélido, provocando la necesidad de caminar grandes distancias para obtener un poco de agua; esta situación se ha agravado por la presencia más frecuente de fenómenos extremos, como la sequía que devastó la región los años 2015 y 2016 (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016) (CNN, 2016). Estudios desarrollados en el Plan Estratégico de Resiliencia climática para Vivir Bien (Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y el Medio Ambiente, 2016) muestran una tendencia estacional de sequía para la región hacia 2030-2050 producto del cambio climático.

6.7.4.3. Descripción del caso

La alta vulnerabilidad ante los fenómenos del cambio climático de las familias indígenas campesinas criadoras de ganado camélido, sumada a la ausencia de energía eléctrica y la dispersión de la población en un vasto territorio obligan a planificar e implementar estrategias de adaptación a escala familiar. Los sistemas de bombeo de agua subterránea con energía fotovoltaica presentan una respuesta asequible, especialmente considerando la presencia de alta radiación solar del Altiplano boliviano.

Los sistemas diseñados e implementados constan de un panel fotovoltaico (Potencia 50 Wp/12 V), un tanque de agua de 2.300 l, un pozo entubado de 15 metros promedio de profundidad, una bomba sumergible, una tubería y los bebederos para ganado camélido, los cuales se construyen con mampostería de piedra en un tamaño aproximado de 6 metros de largo por 1 de ancho (ver **Figura 6.9**).

Según información del Estudio Integral para el Gobierno Autónomo Municipal de Turco (Alurralde y Segurola, 2018), la calidad del agua subterránea se encuentra entre los rangos aceptables de calidad hídrica en la Norma Boliviana 512, teniendo un pH de 7 a 7,2 y TSD de 60 a 200 ppm. La ubicación de los sistemas se encuentra principalmente sobre el nivel cuaternario, la variación de los niveles del nivel freático es estacional y muestra estabilidad.

El promedio por hato familiar alcanza a 300 unidades de camélidos, cuyo consumo se calcula en 2 litros/cabeza, es decir, una demanda de 600 litros/día por familia.

El gobierno autónomo municipal de Turco ya ha implementado 50 sistemas y debido al significativo éxito de la medida



Figura 6.9. Sistema fotovoltaico en Turco. Fuente: fotografía de Paula Pacheco M.

se tiene planificado construir una cantidad similar a corto plazo. Si bien no se han realizado estudios hidrogeológicos específicos en la zona, el volumen de extracción de agua del acuífero no es significativo y no presentaría un riesgo para su sostenibilidad. Este supuesto se considera tomando en cuenta la demanda de agua para el ganado camélido. De acuerdo con Alurralde y Segurola (2018), los ganaderos de la región cuentan con un promedio de 300 llamas por sistema, donde el consumo diario por ganado es de 2 litros/día de agua; por lo tanto, la demanda diaria para uso pecuario por sistema es de 600 litros/día. Otra ventaja del sistema es su bajo costo, que alcanza los 6.500 dólares.

Esta estrategia se inscribe en el Plan Estratégico de Resiliencia Climática para Vivir Bien construido de forma participativa con las comunidades del Altiplano boliviano pertenecientes al sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salares (Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y el Medio Ambiente, 2016). Esta estrategia de resiliencia climática coadyuva a la estrategia de mejoramiento de la seguridad hídrica y capacidad de adaptación.

6.7.4.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas

El sistema tiene tres limitaciones: i) su utilización debe ser monitoreada y se tienen que registrar datos del comportamiento de la capa freática y la recarga del acuífero especialmente si se quiere densificar este sistema; ii) se deben realizar análisis de la calidad de agua si se requiere implementar sistemas fotovoltaicos en las cercanías de centros mineros, y iii) el logro de la sostenibilidad de la acción depende del fortalecimiento de capacidades para la gestión y mantenimiento de los sistemas, así como para garantizar el aprovechamiento del acuífero en armonía con la Madre Tierra.

El impacto de los sistemas fotovoltaicos existentes ha permitido incrementar la seguridad hídrica y la disponibilidad de agua para más de 15.000 unidades de ganado camélido, así como, la capacidad de adaptación, la resiliencia y la economía de más de 150 familias del municipio de Turco. Debido a que la implementación de estas medidas de adaptación promueve una estrategia novedosa, no existen aún lineamientos claros para la inversión estatal, debiendo circunscribirse a los lineamientos de los proyectos de riego o de manejo integral de cuencas cuyo 70 % es financiado con fondos del Estado Central, el 20 %, con fondos municipales y el 10 %, con fondos de contraparte comunal contabilizados a partir de material local y mano de obra de las personas beneficiadas. El mecanismo normativo e institucional en el que se enmarca esta medida de adaptación es la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien (Estado Plurinacional de Bolivia, 2012). Esta ley incluye tres mecanismos: 1) mecanismo de mitigación para vivir bien; 2) mecanismos de adaptación, y 3) mecanismo conjunto. La estrategia descrita se enmarca en los mecanismos de adaptación y el mecanismo de mitigación en lo referente a la respuesta a los impactos del cambio climático, fortalecimiento de la resiliencia y utilización de energía renovable como medida de mitigación.

6.7.5. Adaptación a la variabilidad y el cambio climático a través de la captación y almacenamiento de agua de lluvia en la Cooperativa Chortitzer en el Chaco Central en Paraguay

6.7.5.1. Resumen

El estudio del caso describe la experiencia de desarrollo de tecnologías enfocadas a la adaptación ante la variabilidad del clima en el Chaco Central de Paraguay, de semiárido a subhúmedo, con una precipitación de 800 mm/año, concentrada (80 %) entre los meses de octubre-abril, sin fuentes de agua fluvial permanente y con subterránea salina. La Cooperativa Chortitzer, dedicada a la producción de leche y carne, desarrolló un sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia que le permite planear para garantizar la producción en función de la disponibilidad de agua. Se han realizado diversos experimentos para solucionar la escasez de agua, pero se ha identificado como la más ventajosa esta alternativa, inclusive la adopción de productores individuales. No así el Estado, donde se evidencia la ausencia de políticas públicas para garantizar el uso del agua en forma integral, equitativa y justa para todos.

6.7.5.2. Introducción a la problemática del caso

El Gran Chaco americano es una gran llanura distribuida entre Argentina, Paraguay, Bolivia y Brasil (ver

Figura 6.10). La región presenta marcados gradientes climáticos que determinan tres subzonas según el régimen pluvial (entre 300 y 1.200 mm) y las temperaturas medias anuales (entre 18 y 26 °C). Además de las características biofísicas, subyace la diversidad y complejidad social y cultural de la región, donde viven aproximadamente 9 millones de personas, que le dan un carácter multicultural y pluriétnico (comunidades indígenas, criollos y europeos, entre otros).

El presente estudio se localiza en el Chaco Central de Paraguay, región que presenta vulnerabilidad climática debido a los extremos (grandes inundaciones y prolongadas sequías), y donde las lluvias torrenciales pueden provocar pérdidas en la fertilidad y en la estructura del suelo, salinización e inundaciones, entre otros problemas. A su vez, las bruscas y grandes variaciones de temperatura (máximas de hasta 50 °C) pueden provocar excesiva evapotranspiración y severos daños a la producción.

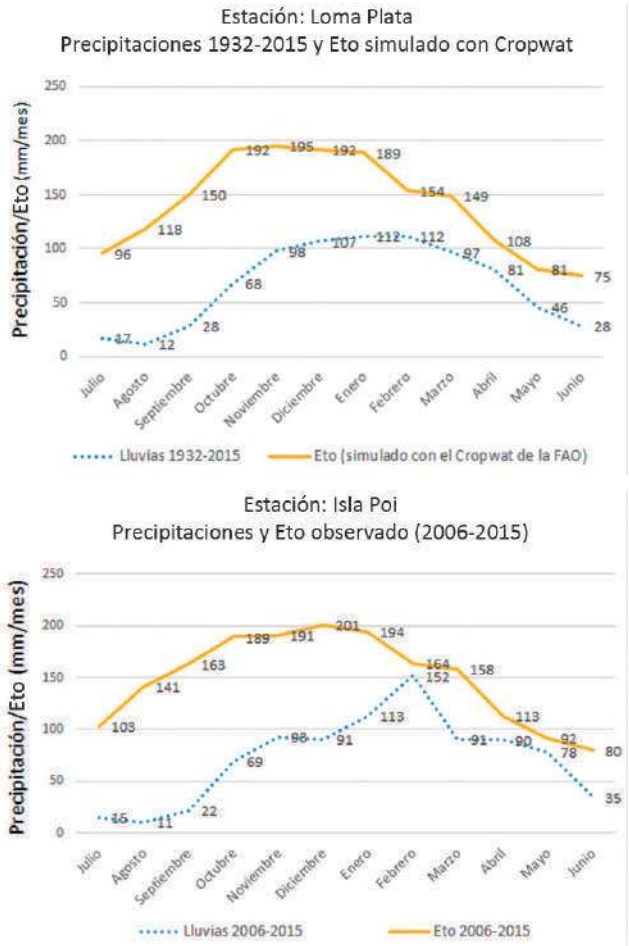


Figura 6.10. Precipitaciones y evapotranspiración potencial (Eto) en el Chaco Central. Fuente: Harder, 2017.

La región se encuentra en la zona de transición entre los climas semiárido a subhúmedo, registra una precipitación media anual de 800 mm/año, concentrada (80 %) entre los meses de octubre-abril, una evapotranspiración potencial de 1.700 mm/año, y no posee fuentes de agua fluvial permanente y subterránea de calidad (Harder *et ál.,* 2012).

En general, los acuíferos subterráneos son salinos, salvo el agua almacenada en antiguos paleocauces que se forman mediante la infiltración de agua de lluvia (UNA-UN, 2014). Por estas razones, los productores se ven obligados a reservar agua de lluvia en tajamares o reservorios y a utilizar sistemas de cultivo de secano, siembras escalonadas, siembra directa y otras técnicas (Redes Chaco, 2012). El sector de mayor consumo de agua es la ganadería, que ocupa el 97 %, seguido por el sector forestal (1,2 %), resto de agricultura (1,07 %), algodón (0,13 %) y construcción (0,03 %). Estos resultados consideran un escenario de crecimiento económico del 6,8 % anual para el país (STP, 2014).

Un resultado relevante es que la disponibilidad de agua no constituiría una restricción al crecimiento económico debido a que el nivel de demanda de agua se mantendría por debajo de la oferta en el periodo 2021-2030. Sin embargo, se tendrían problemas de acceso al agua por falta de infraestructura y de acciones de adaptación. Esto afectaría principalmente a las comunidades indígenas y a los pequeños productores (Scribano y Cabello, 2017).

La investigación *Valorizando el agua en un clima y economía cambiantes en el Gran Chaco Americano* (Scribano y Cabello, 2017) permitió distinguir sistemas productivos que están muy vinculados al capital social de quienes habitan el Chaco Central. Uno de ellos es la captación y almacenamiento de agua de lluvia, como medida de adaptación, establecida por la Cooperativa Chortitzer.

6.7.5.3. Descripción del caso

La Cooperativa Chortitzer, ubicada en el distrito Loma Plata, fue fundada en 1927 por colonos canadienses. Los territorios inhóspitos fortalecieron en las comunidades menonitas los valores de solidaridad, ayuda mutua y cooperación. La comunidad menonita de Loma Plata cuenta con aproximadamente 9.000 habitantes, organizados en una asociación civil y una cooperativa.

Los principales ingresos de la cooperativa provienen de la producción de leche y carne. Cuenta con una capacidad de faena de 1.400 animales por semana a ciclo completo. Esta producción es garantizada por un sistema de cosecha de agua, que consta de: 1) área de captación, 2) reservorio de colecta (tajamar o laguna pulmón), y 3) reservorio de almacenamiento (ver **Figura 6.11**). El primer componente permite captar el agua de lluvia, y para construirlo se elimina la vegetación, se levantan camellones de tierra y se crean canales que conducen el agua hasta el reservorio. El reservorio o tajamar almacena temporalmente el agua captada, que posteriormente es bombeada al reservorio permanente, el



Figura 6.11. Sistema de captación y almacenamiento de agua. Chaco Central de Paraguay. Fuente: Foro de Agua - INTA Sáenz Peña (Harder, 2015).

cual permite almacenar el agua hasta ser utilizada y del cual existen dos tipos: tanque australiano y reservorios elevados. El primero es usado generalmente en ganadería y el segundo, en industrias y proyectos de riego (Harder *et ál.,* 2012).

Actualmente, Chortitzer cuenta con 170 ha de áreas de cosecha, que captan entre 2.000 y 8.000 m^3/ha año. Reservorios de 200.000 m^3 abastecen al frigorífico para la faena de 800 animales/día, con solo 500 mm anuales de lluvias (Aquino, 2018). El Servicio Agropecuario de la Cooperativa menciona que los camellones permiten recolectar 5.000 m^3/ha en años con lluvias normales (800 mm). Si las precipitaciones alcanzan solo 600 mm en el año, se logra captar 3.000 m^3/ha. En años muy secos (400 mm) se puede recolectar 1.700 m^3/ha (Harder, 2017).

En la ecuación tecnológica adoptada la variable que no pueden manejar es el clima, aunque han logrado estabilizar la producción a través de la planificación de sus actividades en función de la disponibilidad de agua. Cabe resaltar que tienen reserva de agua para mantener la producción (industria de carne y leche) con dos años consecutivos de sequías.

Las actividades con mayor consumo de agua son la ganadería y la agricultura asociada a esta. La ganadería consume 36,5 m^3/animal/año, incluyendo evapotranspiración. En años normales, con 5.000 m^3/ha, se pueden sostener 137 animales/ha, y en años extremadamente secos, con 1.800 m^3/ha, solo es factible sostener 46 animales/ha. En la agricultura, el consumo depende del cultivo y la época de siembra. En general, en promedio se requieren unos 2.500 m^3/ha. En horticultura, dependiendo del sistema de producción, el cultivo y la época de cultivo, el consumo oscila entre 2.000 y 10.000 m^3/ha (Harder, 2017).

El consumo per cápita varía considerablemente entre los grupos poblacionales. La población menonita consume 85 litros per cápita y día (l/hab/d) en promedio, sin incluir el riego de jardines. Se estima que la población indígena consume 33 l/hab/d y que la población latino-paraguaya consume 45 l/hab/d. Estos niveles se encuentran por debajo de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud, que prevé, como mínimo, el consumo de 100 litros de agua por persona/día (Red del Pacto Global Paraguay, 2015).

Otros sistemas utilizados son la colecta de agua con canaletas y la recarga artificial de acuíferos. El primero consiste en construir canaletas para llevar el agua de escorrentía natural a un tajamar. Su desventaja es que puede no abastecer con suficiente agua a las actividades agropecuarias o agroindustriales en años con poca precipitación. El segundo consiste en excavar tajamares en lugares estratégicos donde existe agua dulce subterránea y en los cuales el agua es acumulada para que se infiltre hacia el subsuelo. Este sistema es más útil en épocas de lluvias grandes e inundaciones, ya que el agua que se puede sacar no es la misma que ha infiltrado en los pozos. En años de sequía la recarga artificial no se concreta por la falta de agua, además de observarse pérdida de agua por efecto de la capilaridad (Klassen *et ál.,* 2004).

6.7.5.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas

Para toda la región del Chaco paraguayo, y en particular el Chaco Central, poder contar con disponibilidad de agua para consumo y producción ha sido un gran desafío, que implicó esfuerzos técnicos y económicos. Desde hace décadas se viene hablando de la realización, por parte del Gobierno, de un acueducto para bombear el agua del río Paraguay hasta el Chaco Central (200 km) que a la fecha no ha finalizado, lo que implicó la realización de diversos experimentos para solucionar parcialmente la escasez de agua en el Chaco y brindar alternativas a sus habitantes para acceder al agua. La Cooperativa Chortitzer cuenta con una planta de desalinización por osmosis inversa que abastece de agua potable a una parte de la población. Sin embargo, sus integrantes manifiestan el elevado costo y la complejidad que implica mantener esta tecnología (Harder, 2017).

El sector productivo más dependiente del clima es la ganadería (carne y lácteos) por la desigual distribución de la precipitación anual, lo que plantea riesgos en el acceso al recurso, en particular a los pequeños productores, quienes carecen de infraestructura para capturar y almacenar agua. La disponibilidad de agua no sería el problema, sino los elevados costos para capturarla y almacenarla. Este segmento de la población es el más afectado por la falta de políticas públicas orientadas al desarrollo inclusivo de la región.

Las tecnologías identificadas en este estudio podrían replicarse a escala más baja a fin de permitir a los pequeños productores una planificación productiva más segura, el manejo de sus cultivos y su ganado, y contribuir significativamente a la seguridad alimentaria y una mayor resiliencia ante los impactos del cambio climático. Actualmente, la captación y almacenamiento de agua que implementan como medida de adaptación las colonias del Chaco Central es la solución práctica más ventajosa, desde el punto de vista científico y económico, para contar con agua destinada a la producción y agua potable para el consumo humano. Al respecto, se puede mencionar que ya existen experiencias de productores individuales que han decidido invertir en este sistema para garantizar la disponibilidad de agua para su actividad.

Cuando se tienen en cuenta estos enfoques en el Chaco Central, se evidencia la ausencia de políticas públicas para garantizar el uso del agua en forma integral y que permitan una planificación equitativa y justa en el uso de agua entre todos los fines en los que se requiera. Por estos motivos, se considera de gran relevancia la difusión de estas tecnologías y crear espacios de intercambio de experiencias a nivel regional, enfocadas a la adopción de medidas de adaptación (tecnologías y conocimiento local), aplicables para el Gran Chaco.

6.7.6. Cambios en la operación del sistema Cantareira para hacer frente a las crisis hídricas en la Región Metropolitana de São Paulo (Brasil)

6.7.6.1. Resumen

Este estudio de caso describe las principales acciones de adaptación de carácter no estructural implementadas como consecuencia de la crisis de abastecimiento de agua que afectó a la Región Metropolitana de São Paulo entre 2014 y 2015. Se presenta una breve revisión del contexto meteorológico e hidrológico que condujo a la crisis, y se discuten los resultados de las medidas de adaptación, como el nuevo marco de concesiones para hacer frente a sequías severas.

6.7.6.2. Introducción a la problemática del caso

Entre 2014 y 2015, un gran déficit de precipitación, acompañado de temperaturas récords, que afectó a la región Sudeste de Brasil (entre 15°25'S y 40°55'W) produjo una reducción en el agua acumulada en embalses de suministro de agua de los grandes centros urbanos de la región. Esto fue especialmente grave en la Región Metropolitana de São Paulo (RMSP), donde reside el 10 % de la población brasileña (aproximadamente 20 millones de personas) y que produce un tercio del Producto Interno Bruto del país (Nobre *et ál.,* 2016). El principal sistema que abastece la Región Metropolitana de São Paulo es el sistema Cantareira, que abastece a 8,8 millones de clientes de la RMSP (Solia *et ál.,* 2007).

(a) Contexto meteorológico

Climatológicamente, las precipitaciones en la región del sistema Cantareira, conjunto de embalses que suministran agua para la RMSP, presentan máximos durante el verano (diciembre a febrero). En esta época, los sistemas que causan lluvia en el Sudeste de Brasil son la Zona de Convergencia del Atlántico Sur, la corriente en chorro de los niveles bajos al este de los Andes, que transporta humedad desde la Amazonia hacia el Sudeste de Brasil, y los frentes fríos que vienen del sur. Nobre *et ál.* (2016) muestran que la causa principal de la falta de lluvias en el verano de 2013/2014 fue la presencia de un sistema de altas presiones que se presentó en la región Sudeste de Brasil de forma anormal y que duró 47 días, de enero a febrero de 2014. Este sistema fue consecuencia de un bloqueo atmosférico que no permitió la entrada de humedad traída por la corriente en chorro de los niveles bajos y los frentes fríos del sur, y que básicamente redujo el volumen de lluvias sobre el sistema Cantareira un 62 %, determinando también temperaturas máximas 2,5 °C superiores a lo normal, siendo el verano más cálido de los últimos 60 años (Marengo *et ál.,* 2015; Seth *et ál.,* 2015; Marengo y Alves, 2016; Nobre *et ál.,* 2016; Zou *et ál.,* 2018).

La media histórica de lluvias en el periodo 1961-1990 sobre la región del sistema Cantareira en enero es de 250 mm, pero en enero de 2014 la lluvia apenas llegó a 65 mm. Según Nobre *et ál.* (2015) y Obregón *et ál.* (2014), los totales acumulados de lluvia sobre el sistema Cantareira han disminuido gradualmente desde 1990.

(b) Marco legal de concesiones y contexto hidrológico de la crisis

En 1974, se concedió una autorización para derivar hasta 33 m^3/s a la Compañía de Saneamiento Básico del Estado de São Paulo (SABESP) por un periodo de 30 años. En 2004 se concedió una nueva autorización por otros 10 años entre la Agencia Nacional del Agua (ANA) y Aguas y Energía Eléctrica de São Paulo (DAEE). Esta ordenanza fue prorrogada en 2014 durante la crisis (Oliveira *et ál.,* 2015).

Según las condiciones de funcionamiento definidas en la Resolución Conjunta ANA/DAEE, los caudales máximos permitidos para SABESP no debían exceder de 31 m^3/s. En el sistema se estableció una reserva estratégica del 5 %, con

base en la serie hidrológica más crítica conocida, que hasta entonces correspondía al bienio de 1953/1954.

Entre octubre de 2013 y marzo de 2014, se observaron caudales naturales excepcionalmente bajos para esa época, lo que contribuyó a que las reservas del sistema cayeran a niveles peligrosamente bajos. La **Figura 6.12** presenta el gráfico de los desvíos de los caudales medios anuales del sistema Cantareira en relación con el caudal medio de largo plazo (MLT). La figura muestra que los desvíos negativos más significativas ocurrieron en tres momentos: a) la década de 1950, cuyo bien conocido 1953/1954 fue considerado como referencia para los estudios de concesión de 2004 por ser el más crítico hasta ese momento (caudal promedio igual a 25,4 m^3/s); b) en términos de duración, el periodo que comprende de 1997 a 2008, durante el cual puede verificarse una secuencia continua de años con caudales por debajo de la MLT (caudal promedio igual a 31,6 m^3/s), y c) el periodo de 2012 a 2014 (caudal medio igual a 20,0 m^3/s), siendo el desvío negativo del 2014 el peor del registro histórico (Oliveira *et ál.,* 2015).

6.7.6.3. Descripción del caso

Como consecuencia de los caudales excepcionalmente bajos verificados en 2013 y 2014, en marzo de 2014 se publicó una nueva resolución conjunta de la ANA y el DAEE que dispuso sobre las condiciones especiales de operación del sistema Cantareira. En paralelo, se adoptaron varias medidas económicas, como suspender el uso de agua para riego en la cuenca. Como el sistema de distribución de agua de São Paulo tenía pérdidas del orden del 30 %, se redujo la presión de la red de distribución de agua potable. Esto trajo como consecuencia el desabastecimiento de la población durante varias horas al día, y en algunos casos durante algunos días.

Finalmente, en 2017, una nueva resolución conjunta entre la ANA y DAEE renovó la concesión para SABESP para uso del agua y la operación del sistema Cantareira por un periodo de 10 años. La nueva concesión mantiene la autorización de extracción de una media máxima mensual de hasta 33 m^3/s. Con el fin de aumentar la seguridad hídrica, se definieron cinco franjas de control de captación que tienen en cuenta el volumen útil acumulado para establecer el límite de caudal de extracción autorizado.

De acuerdo con esas franjas, la descarga de agua varía entre 15,1 m^3/s en la franja 1 (normal) y 33 m^3/s en la franja 5 (especial) (ver **Tabla 6.5**). El nuevo marco de concesiones reconoce la importancia de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, dice la ANA. El objetivo de las bandas es garantizar que el sistema Cantareira pueda superar con éxito sequías tan o más severas como la registrada en 2014/2015 con seguridad.

Tabla 6.5. Límites de descarga en función del agua almacenada en el sistema Cantareira. Nota: La operación previa del sistema establecía un caudal de 33,0 m^3/s independientemente del volumen útil.

Fajas	Volumen útil acumulado en el sistema	Límite de descarga
Normal	Superior al 60 %	33,0 m^3/s
Atención	Mayor que 40 % y menor que 60 %	31,0 m^3/s
Alerta	Mayor que 30 % y menor que 40 %	27,0 m^3/s
Restricción	Mayor que 20 % y menor que 30 %	23,0 m^3/s
Especial	Volumen acumulado inferior al 20 % del volumen útil	15,5 m^3/s

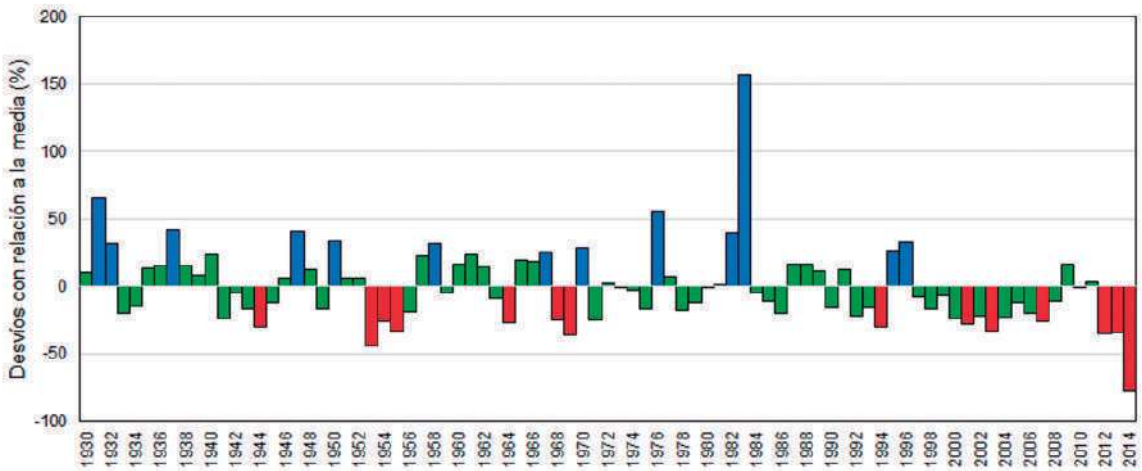


Figura 6.12. Anomalías de los caudales medios anuales de sistema Cantareira. Se presentan los cambios respecto de las condiciones promedio (en %). En azul, valores sobre +25 %. En verde, valores entre -25 % y +25 %. En rojo, valores bajo -25 %. Fuente: basado en Oliveira *et ál.* (2015).

La nueva resolución también establece un plazo para que SABESP presente un plan y un cronograma de actividades para la implantación de mejoras al sistema Cantareira. Según el organismo, será exigido, entre otras cosas, la ampliación y modernización de la red de puntos de monitoreo de lluvia y caudal del sistema, la mejora de los equipos de control de niveles y caudales de los depósitos, y un proyecto de gestión de la demanda con control de la demanda y pérdidas físicas. También están previstas las exigencias del incentivo al uso racional y al reciclado del agua, un plan para un eventual uso del volumen muerto y la ampliación de proyectos para reducir la erosión y la sedimentación, así como para mejorar la captación e infiltración del agua de lluvia.

6.7.6.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas

La política de concesión por fajas de operación es un nuevo paradigma para el uso de los recursos hídricos en el Brasil. Esta nueva política está siendo utilizada en el río São Francisco, donde también ocurrió una sequía de carácter excepcional, y abre precedentes legales que permiten un uso más sustentable del recurso hídrico. En un país con un pasado histórico caracterizado por abundancia ilimitada, este cambio de paradigma representa un importante avance.

Lemos *et ál.* (2017) analizaron las distintas estrategias de actuación adoptadas por SABESP frente a la crisis hídrica, como la ruptura de paradigmas en la operación del sistema de abastecimiento, la generación de nuevos aprendizajes bajo nuevos escenarios hídricos, el fortalecimiento del proceso de planificación y la gestión y minimización de los impactos a los clientes, la sociedad y demás partes interesadas. La **Tabla 6.6** ilustra los principales resultados de las medidas adoptadas.

Desde el punto de vista de cambios en los paradigmas, podemos destacar que la crisis de 2013/2014 modificó la cultura de distribución del agua para enfrentar la escasez hídrica, adoptando mecanismos de gestión de la demanda tales como la reducción de la presión en la red para minimizar los cortes en el suministro. Es de esperar que este nuevo esquema mejore la capacidad de enfrentar los futuros escenarios de escasez que puedan ocurrir producto del cambio climático en la región.

Tabla 6.6. Resultados de las medidas adoptadas. (Fuente: Lemos *et ál.*, 2017)

Principales resultados	2013	2014	2015	2016
Número de reclamaciones por falta de agua	99.516	86.248	83.740	52.544
Tiempo medio de reparación de fugas	n/c	82 horas	26 horas	22 horas
Índice de pérdidas en la red (litros/conexión/día)	515	507	495	394

A modo de cierre, se puede destacar que, en mayo del 2019, la ciudad de São Paulo promulgó la ley municipal n.° 17104, que instituye la política municipal de seguridad y gestión de las aguas en el municipio. Aparte de las acciones normativas relativas de revitalización y conservación de las fuentes de abastecimiento y distribución, la ley establece que la promoción de la seguridad hídrica deberá observar aspectos relacionados con la adaptación a los cambios climáticos.

6.7.7. Desarrollo de infraestructura resiliente a los impactos del cambio climático en la provisión de agua potable en la ciudad de Santiago de Chile

6.7.7.1. Resumen

El agua potable es el agua que cumple una normativa de calidad que permite ser consumida sin riesgo para la salud de la población. Cada vez que existen interrupciones en el servicio de provisión de agua potable se destaca su relevancia. Las causas de dichas interrupciones son variadas, entre las que se incluye más recientemente el cambio climático. La aparición de eventos con altas turbiedades en las fuentes superficiales de abastecimiento de agua potable es uno de esos fenómenos que provocan el cierre de plantas de tratamiento y, por ende, la interrupción del servicio. Eventos de este tipo, que están ocurriendo en la ciudad de Santiago de Chile, son un fenómeno nuevo que ha ido haciéndose más frecuente en los últimos años, lo que ha obligado a la empresa sanitaria responsable del servicio a estudiarlo, analizar su evolución con objeto de implementar medidas de adaptación que disminuyan los riesgos de los indeseables cortes de suministro que tanto daño ocasionan a la población y a la imagen de la empresa. En este caso de estudio se muestran las estrategias que se han implementado para responder a estos desafíos, principalmente en términos de nueva infraestructura, y se plantean los desafíos para el futuro en el contexto de una empresa privada que provee un servicio crítico para la población.

6.7.7.2. Introducción a la problemática del caso

La provisión de recursos hídricos se ve afectada claramente tanto por la falta de disponibilidad de agua (sequía) como por la ocurrencia de eventos extremos que pueden tener un origen en condiciones climáticas cambiantes. Una de las alternativas para hacer frente a estas condiciones climáticas consiste en construir infraestructura que sea resiliente a

ellas. La complejidad está en poder adelantarse a los impactos provocados por esas condiciones climáticas y diseñar infraestructuras que consideren el alto nivel de incertidumbre asociado.

En el presente caso de estudio se expone la situación vivida a partir del año 2008 en la ciudad de Santiago de Chile, en la que eventos climáticos han elevado a niveles altísimos, y por periodos prolongados de tiempo, la turbiedad en la principal fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad, el río Maipo, provocando el cierre de las plantas de tratamiento y, con ello, la interrupción del servicio. Esta situación ha obligado a la empresa de servicios sanitarios a cargo del sistema de abastecimiento a desarrollar una infraestructura resiliente para evitar la discontinuidad del servicio.

6.7.7.3. Descripción del caso

Santiago de Chile, capital y ciudad más importante del país, está situada a los pies de la cordillera de los Andes, cuenta con alrededor de 7 millones de habitantes y produce casi el 40 % del PIB total de la nación. La ciudad se encuentra situada en el corazón de la cuenca del Maipo, río que recorre aproximadamente 250 km desde la cordillera hasta el océano Pacífico, y suministra del orden del 80 % del agua potable para la ciudad. Dado que la precipitación en esta zona es baja (alrededor de 300 mm/año) y restringida al periodo invernal (junio a septiembre), el suministro de agua para Santiago depende en gran medida de la cantidad de nieve caída en esos meses y del deshielo que puede acumularse en el embalse del Yeso, con capacidad de 220 millones de m^3. El 20 % restante requerido para el abastecimiento de agua potable proviene en un 8 % del río Mapocho y en un 12 % del acuífero de Santiago, cuya recarga depende en gran medida de las condiciones climáticas.

El consumo promedio per cápita en la ciudad de Santiago es de 138 l/hab/día, con sectores en que el consumo puede llegar a los 449 l/hab/día, como en barrios residenciales con población de altos ingresos (SISS, 2016). En Santiago la cobertura de agua potable y saneamiento alcanza al 100 %, siendo el Grupo Aguas el proveedor principal del servicio sanitario, que abastece de agua potable al 90 % de la población (10 % restante, otras empresas menores) y trata el 100 % de las aguas servidas a los habitantes de la ciudad (SISS, 2016). La producción del Grupo Aguas tiene un destino principalmente residencial, aproximadamente un 74 %, mientras que el 26 % restante está dirigido a usos industriales, comerciales, y riego de parques y jardines.

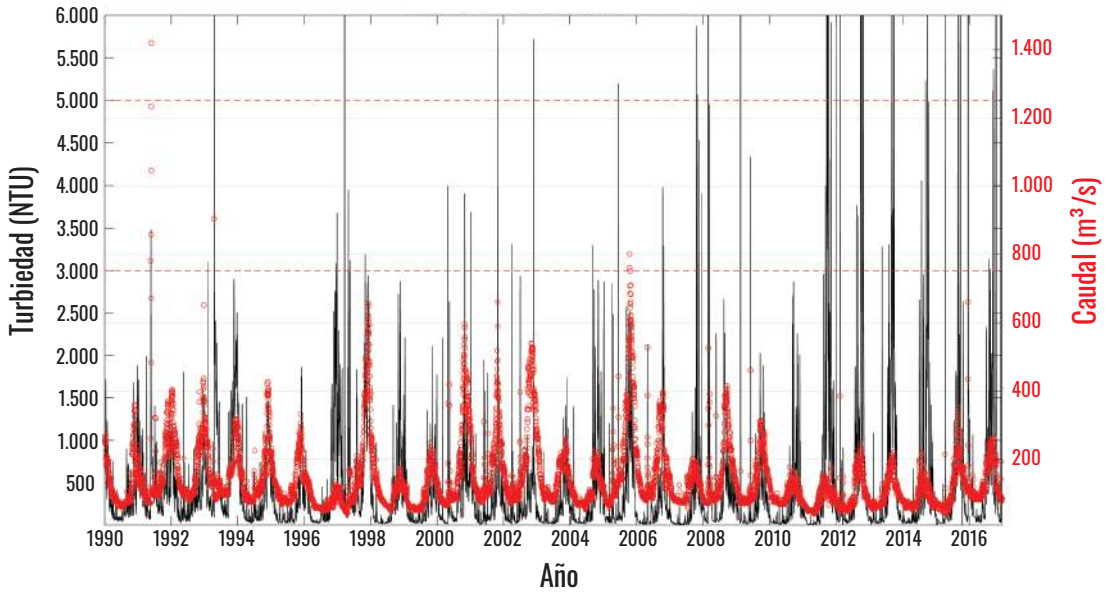
El río Maipo, principal fuente de abastecimiento, tiene un caudal promedio de alrededor de 90 m^3/s y un régimen dominado por el deshielo, con valores máximos a finales de primavera (diciembre). No obstante, los caudales suelen aumentar en el periodo mayo-agosto con la llegada de las lluvias invernales.

La prolongada sequía que ha presentado Santiago en los últimos años (periodo 2010-2018), el aumento de la temperatura en la zona cordillerana y la ocurrencia de eventos de alta turbiedad en el río Maipo han puesto en alerta a la empresa sanitaria Aguas Andinas, principal compañía del Grupo Aguas, respecto de las acciones a considerar con objeto de enfrentar con éxito el desafío impuesto por estos eventos asociados al clima, como también al aumento de la demanda por crecimiento de la población (Ocampo-Melgar *et ál.,* 2016; Vicuña *et ál.,* 2018; Garreaud *et ál.,* 2019).

Conviene señalar que, a partir del año 2008, los eventos de turbiedad extrema presentados en el río Maipo han provocado cortes en el suministro de agua potable al tener una duración superior a la autonomía del sistema de abastecimiento ante el obligado cierre de las plantas de tratamiento. Una posible causa de estos eventos de alta turbiedad se puede asociar al aumento en los niveles de temperatura en la zona cordillerana, elevando la isoterma de 0°, con lo cual existe una mayor superficie expuesta a la erosión al recibir precipitación líquida en lugar de precipitación de nieve. Este fenómeno, conocido como tormentas cálidas, es plausible que esté asociado a una expresión temprana de cambio climático, especialmente producto del aumento de temperaturas (ver Garreaud, 2013; y Vicuña *et ál.,* 2013). La **Figura 6.13** muestra la serie de tiempo de caudales diarios y de niveles de turbiedad en el río Maipo. Se presenta también una tabla con el registro de todos los eventos en que se ha superado el nivel de turbiedad de 3.000 NTU, que marca el límite superior de operatividad de la planta de tratamiento en Las Vizcachas, principal planta de agua potable de la ciudad de Santiago. Se aprecia cómo a partir del año 2012 ha aumentado de manera considerable la cantidad de eventos con altos niveles de turbidez, teniendo duraciones que en algunos casos superan las 100 horas (duración del evento con niveles superiores a 3.000 NTU).

Conviene señalar que la duración que proveen las tablas es de todo el evento, y la turbiedad es un promedio durante todo ese periodo. Solo cuando la duración del evento mantiene en forma continua altas turbiedades se debe proceder al cierre de planta. Si ese periodo de cierre supera la autonomía del sistema, es decir, cuando los estanques de regulación a la salida de planta y distribuidos en la ciudad se vacían, se provocan los indeseables cortes en el servicio. La duración de este corte depende entonces de la duración de las altas turbiedades en el río por la puesta en operación de las plantas y el llenado de estanques, todo lo cual puede significar un número importante de horas.

En la **Figura 6.14** se muestra cómo ha sido el aumento de eventos con más de 12 horas de duración con turbiedad superior a 5.000 NTU. Puede observarse que en el periodo 1990-2007, es decir, en 18 años, hubo 6 eventos, de los cuales solo uno significó un corte de suministro (líneas rojas). En el periodo 2008-2012, esto es, en los 5 años siguientes, el número de eventos aumentó a 8, uno de los cuales significó un corte de servicio. Finalmente, en el último periodo, entre los años 2013-2017, otros 5 años, ya se presentaron 29 episodios que significaron 5 cortes de suministro. El último de estos cortes, ocurrido el 21 de



Periodo	Número de eventos	Duración promedio (horas)	Máxima Turbiedad Promedio (NTU)
1995-1999	2	53	51.775
2000-2004	5	29	6.760
2005-2009	6	30	26.225
2010-2014	13	63	52.185
2015-2017	7	68	62.114

Figura 6.13. Caudales medios diarios y niveles de turbidez en río Maipo, en Manzano. Fuente: Aguas Andinas y estación fluviométrica Maipo, en El Manzano (DGA).

abril de 2017, afectó a 733.488 clientes (aproximadamente 3 millones de personas).

En la **Figura 6.14** se muestran también las obras que representan la manera en que ha respondido Aguas Andinas a estos eventos con el objeto principalmente de aumentar sus horas de autonomía. Desde que se presentó el corte de suministro en el año 2008, se definieron obras que, dado lo sucedido en los años siguientes, se han identificado como de Fase I, y que comprendieron básicamente varias infraestructuras. Una de ellas es CAYA, conducción-acueducto desde el embalse de El Yeso al acueducto Laguna Negra, el cual conduce aguas de los rebalses de Laguna Negra hasta Planta Vizcachas. Corresponde a una conducción de 5 km de longitud y con capacidad de 3,8 m^3/s, pero para una operación segura de 3 m^3/s permite, a pesar de estar cerrada la entrada a la planta por turbiedad del río, conducir agua desde el embalse directamente a la planta para ser tratada. Esta obra más la construcción de estanques con capacidad 225.000 m^3 y pozos con capacidad de producción de 300 l/s permitieron aumentar la autonomía de 4 a 9 horas. Sin embargo, tal como muestra la **Figura 6.14,** los fenómenos de alta turbiedad continuaron provocando nuevos cortes a partir del año 2013, lo que motivó la planificación de una nueva infraestructura, que se ha denominado de Fase II y que básicamente es la construcción de 6 estanques de agua en su condición natural sin tratar (agua cruda) con capacidad de 1,5 Mm^3, con lo cual se aumenta la autonomía en el suministro de 9 a 32 horas. Se espera la entrada en operación de esta obra a finales del año 2019, con lo que se daría mayor seguridad en el suministro ante eventuales fenómenos de alta turbiedad en el río.

6.7.7.4. Conclusiones: limitaciones, interacciones y lecciones aprendidas

En este caso de estudio se ha presentado cómo una empresa de suministro de agua potable ha tenido que ir reaccionando a eventos climáticos extremos a través del diseño e inversión en infraestructura. Sin embargo, los fenómenos de turbiedad (u otro evento hidrometeorológico extremo) provocados por condiciones climáticas cambiantes tienen asociado un alto nivel de incertidumbre, por lo que se deben evaluar alternativas por si los episodios siguen aumentando en frecuencia y duración. En el caso concreto de la ciudad de Santiago, dichas alternativas van desde la construcción de infraestructura adicional, con un nuevo estanque para lograr 48 horas de autonomía (por encima de las 32 horas de autonomía que genera la obra actualmente en construcción), un

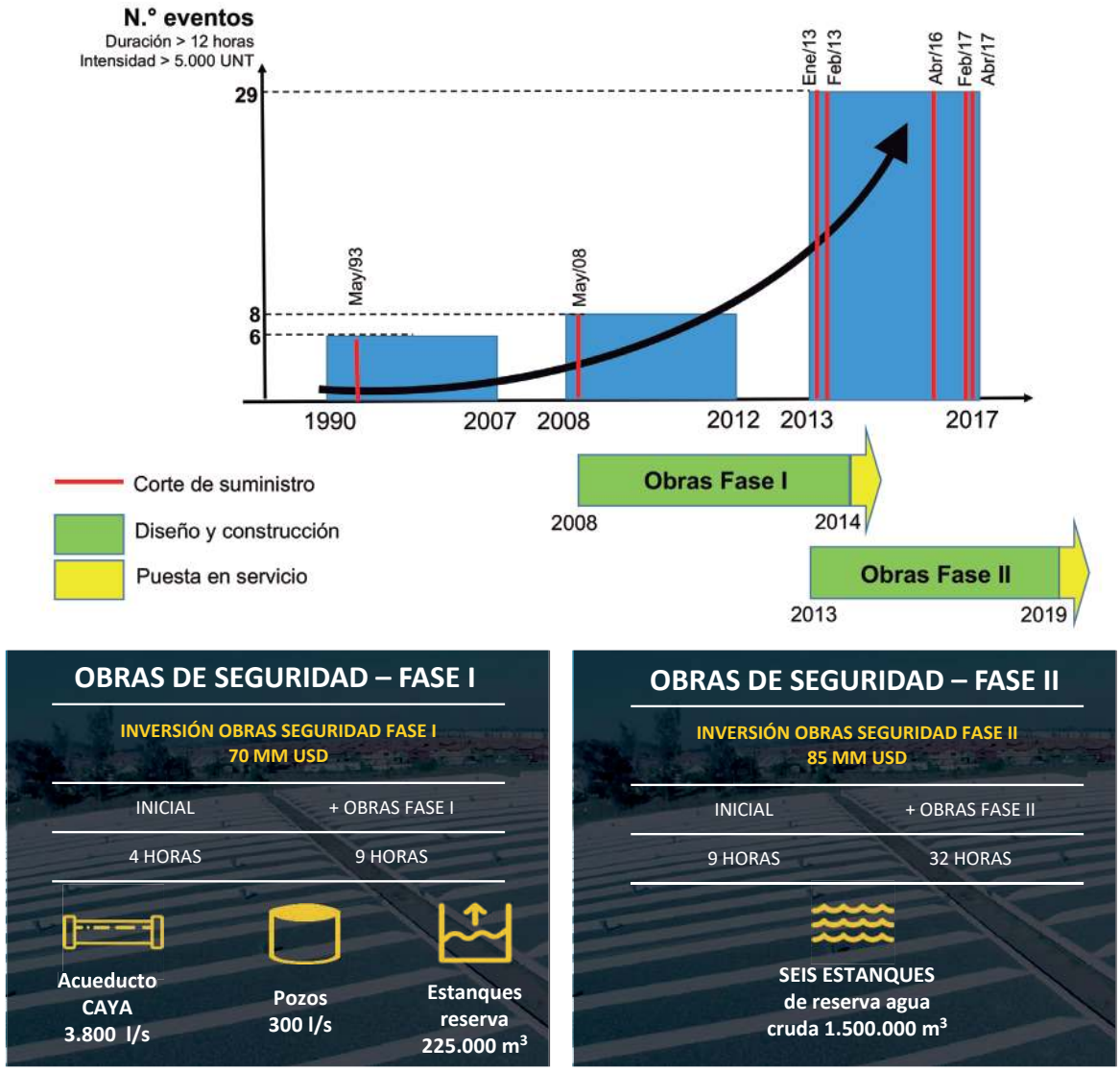


Figura 6.14. Caudales medios diarios y niveles de turbidez en el río Maipo, en Manzano. Fuente: Aguas Andinas.

nuevo embalse o definitivamente ir a una autonomía máxima instalando una conducción directa desde el embalse El Yeso hasta la planta Las Vizcachas.

Conviene señalar que la construcción de las obras de las Fase I y Fase II, dada la necesidad imperiosa de garantizar la seguridad en el abastecimiento, escapan al procedimiento normal de planificación que deben cumplir las empresas sanitarias en Chile. En efecto, dicho procedimiento corresponde a los denominados planes de desarrollo, que son la principal herramienta con que cuenta el sector sanitario en la relación empresa-regulador, para evaluar, identificar y programar las obras que permiten satisfacer la demanda de los servicios de agua potable y aguas servidas asegurando la oportuna ejecución de las obras y, por tanto, la calidad del servicio en el mediano y largo plazo. Al ente regulador, la Superintendencia de Servicios Sanitarios-SISS, le corresponde pronunciarse respecto de estos planes que le son presentados cada 5 años, que son elaborados con un horizonte de 15 años, para posteriormente controlar el cumplimiento de los respectivos cronogramas de inversión.

Si bien el sector sanitario ha podido definir a través de los planes de desarrollo la infraestructura que ha requerido para cumplir con los estándares de servicio que le han sido exigidos, la situación vivida en la ciudad de Santiago con los eventos de alta turbiedad en el río Maipo, así como la sequía que ha afectado a gran parte del país o inundaciones

que se prevén por efecto del cambio climático, han obligado a considerar en dichos planes la incertidumbre que estos fenómenos representan para lograr anticipar su ocurrencia y aminorar el riesgo de afectar el servicio. Este nuevo enfoque merece una evaluación que considere los costos asociados a la reducción de resiliencia en los casos de fenómenos difíciles de predecir, como son los que está demostrando el cambio climático.

6.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de acción prioritarias

Dado el nivel de interconexión que existe entre los recursos hídricos y muchos otros sectores y sistemas, el conocimiento respecto de las amenazas y riesgos asociados a los recursos hídricos es relativamente grande en comparación con otros sectores. Sin perjuicio de lo anterior, existen todavía vacíos importantes en entender algunos procesos hidrológicos clave, como por ejemplo, la relación entre clima y aporte de agua desde glaciares o las relaciones que existen entre cambios en las precipitaciones, consumos y efectos en aguas subterráneas. El monitoreo de los niveles de precipitación y temperatura, caudales y extracciones de aguas superficiales y subterráneas debe ser una acción prioritaria, ya que mejorar el conocimiento de estos procesos a la vez apoya la correcta implementación de medidas de adaptación. Considerando los impactos del cambio climático respecto de la disponibilidad de recursos hídricos en Iberoamérica, un foco importante de acción debe estar en aquellas zonas de clima semiárido y aquellas que dependen de la acumulación y derretimiento de nieve y glaciares.

Por otra parte, dadas las necesidades de infraestructura para apoyar el creciente desarrollo de la región en términos de uso de agua para las ciudades, la agricultura y la generación de energía, se requiere investigación que apoye al análisis económico de los costos y beneficios asociados a estos proyectos, considerando la incertidumbre de largo plazo asociado a los escenarios de cambio climático. Se debe considerar en estos análisis el rol que pueden tener las infraestructuras descentralizadas y flexibles, como por ejemplo, los sistemas de cosecha de agua. Estos análisis deben ser capaces también de considerar el rol que tienen los cambios en los patrones de consumo y el efecto de una buena cultura de agua, así como también entender las conexiones que existen entre la adaptación y mitigación del cambio climático, especialmente en torno al nexo agua, energía y alimentos.

6.9. Conclusiones

El sector de recursos hídricos tiene en la actualidad diferencias importantes en términos de disponibilidad de recursos en un contexto donde el empleo de agua para la agricultura es su principal uso en la región. Estas diferencias tienden a acentuarse, producto de los riesgos del cambio climático, especialmente debido a una reducción en las precipitaciones en zonas donde hoy ya existen recursos limitados, como parte importante de la cuenca del Mediterráneo, Mesoamérica, el norte de América del Sur, el Nordeste de Brasil y la diagonal semiárida que conecta la zona centro norte de Chile con la zona centro sur de Argentina, entre otros. Esta situación se ve exacerbada con otros riesgos asociados a la reducción del aporte de recursos por el retroceso de los glaciares e impactos en la calidad del agua y eventos extremos que impiden la extracción de recursos para distintos usos.

Del análisis de la bibliografía y de los casos de estudio presentados se puede concluir que existen variadas formas de implementar medidas de adaptación a escalas individuales, comunitarias, urbanas o rurales. Estas medidas pueden ser implementadas tanto a nivel de la provisión como de la demanda de recursos hídricos. Y pueden afectar a distintos componentes de la seguridad hídrica en términos de sostener los medios de vida, proteger los ecosistemas y asegurar el desarrollo socioeconómico.

En un contexto en el que el agua se va haciendo cada vez más un bien escaso, con disponibilidad incierta, se pueden destacar dentro de las medidas de adaptación las experiencias respecto del suministro de agua en comunidades rurales sobre sistemas de captura de agua lluvia. También sobresalen los planes de adaptación con foco en los recursos hídricos a escalas nacionales, regionales y locales que incluyen escenarios climáticos futuros y medidas de adaptación para hacer frente a estos impactos. Y, finalmente, destacan las experiencias relacionadas con cambios en el diseño y la operación de la infraestructura de suministro de agua potable para hacer frente a escenarios de cambio climático.

Una correcta implementación de estas medidas de adaptación podría hacer frente a las amenazas del cambio climático en términos de los patrones de precipitación y cambios en la temperatura que pueden afectar en conjunto a la disponibilidad de recursos hídricos. Sin embargo, para asegurar esta correcta implementación, es importante entender los vínculos existentes entre los distintos sectores. Por ejemplo, entender el nexo agua, energía y alimentos es clave para generar interacciones virtuosas y cobeneficios en el diseño de medidas de adaptación. Por otra parte, la planificación y colaboración a todas las escalas (comunidad, cuenca y país) es fundamental para definir estrategias exitosas. Estas estrategias también deben ser definidas contando con la información (riesgos, amenazas) y herramientas de decisión adecuadas. Finalmente, se deben eliminar una serie de restricciones a nivel institucional con el fin de incorporar de manera más simple las medidas de adaptación en relación con la gestión de los recursos hídricos.

Preguntas frecuentes

1. ¿Los glaciares en los Andes se están derritiendo de manera acelerada como resultado del cambio climático?

Los glaciares en los Andes son una fuente de recursos hídricos muy relevante, especialmente para la población y otros usos en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes. Producto del alza en la temperatura asociada al cambio climático, este aporte de recursos ha estado modificándose y se espera que en el futuro esto pueda tener importantes consecuencias en la región.

2. ¿Cuáles son los impactos asociados a una disminución de las tasas de precipitación producto del cambio climático?

Al disminuir las tasas de precipitación y crecer las necesidades de evapotranspiración (producto del aumento en temperatura) disminuyen la cantidad de escorrentía, el caudal de los ríos y la infiltración a acuíferos, lo que afecta a la disponibilidad de recursos hídricos para distintas actividades.

3. ¿Es posible diseñar infraestructura que permita hacer frente a los escenarios de cambio climático?

Sí, es posible, pero lo complejo es poder considerar la incertidumbre en los escenarios para realizar un diseño que responda a distintos tipos de desafíos sin ser al mismo tiempo excesivamente costoso.

4. ¿Cuál es el rol que tiene la demanda de recursos hídricos en el diseño de medidas de adaptación?

La satisfacción de la seguridad hídrica asociada al uso del agua como recurso tiene relación con la provisión de estos recursos en función de la precipitación, los ecosistemas y las obras de infraestructura. Sin embargo, la satisfacción también tiene relación con la necesidad o demanda de estos recursos. Existen diversas oportunidades de adaptación que permiten satisfacer la seguridad hídrica, pero con un consumo de recursos hídricos más eficiente.

Agradecimientos

La versión original del **caso de estudio 6.7.2** fue publicada en acceso abierto en Scott (2013). Parte del apoyo de financiamiento para esta investigación proviene del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (proyecto SGP-CRA #005, apoyado por la National Science Foundation de los Estados Unidos, proyecto NSF N.° GEO-1138881) y por los proyectos NSF N.^{os} DEB-1010495 y EFRI-0835930. Gracias a América Lutz por el apoyo con la adquisición de datos, a Yulia Peralta por la traducción inglés-español del texto, así como a Giancarlo Calbimonte por la conversión y traducción de las figuras.

Bibliografía

ABES-FENASAN, 2017: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental e Feira Nacional de Saneamento de Meio Ambiente, São Paulo.

Agua Potable de Los Cabos: sitio web consultado el 30 de enero de 2020, https://aguapotabledeloscabos.gob.mx/planta-desaladora/

Aguilar, G., L.I. Salazar, J. Pérez Fernández y F. Picado, 2016: *Una nueva Regionalización Climática de Panamá como aporte a la seguridad hídrica. Panamá.* MiAMBIENTE. Disponible en: https://www.cathalac.int/publicaciones/regiones-climaticas-panama.html

Aguirre, N., J. Torres y P. Patricia Velasco-Linares, 2013: *Guía metodológica restauración de páramos.* Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-restauracion-p%C3%A1ramos.pdf

Alurralde, J.C. y J. Segurola, 2018: *Diseño técnico de pre-inversión identificación, validación y diseño final de proyectos de provisión de agua fotovoltaico y bebederos para ganado camélido.* Gobierno autónomo municipal de Turco. Centro de Apoyo a la Gestión del Agua y el Medio Ambiente La Paz.

Álvarez, A. y R. Gutiérrez: *Paso a paso en la adaptación al cambio climático en cuatro municipios del departamento de Madriz y la Costa Caribe Norte Nicaragüense.* Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, https://climatecentre.org/downloads/files/Case%20studies/ACC%20FINAL.pdf

ANAM, 2007: Política Nacional de Cambio Climático. Editorial. Oficina de Planificación y Política Ambiental. Aprobada por Decreto Ejecutivo n.° 35 de 26 de febrero de 2007. Editorial Novo Art, 40 pp.

ANAM, 2011: *Atlas Ambiental de la República de Panamá.* Panamá, ISBN: 9789962651499. Disponible en: http://www.somaspa.org/noticias/Atlas_Ambiental.pdf

ANAM, 2011: Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la República de Panamá (PNGIRH) 2010-2030, financiado con recursos no reembolsables del Programa de Alianza Banco Interamericano de Desarrollo (BID)-Países Bajos para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. ISBN: 978996260977-3. Disponible en: http://www.anam.gob.pa/images/stories/plan_nacional/index.html

ANAM, 2013: *Las aguas subterráneas de la Región del Arco Seco y la Importancia de su conservación.* Panamá, ISBN: 9789962651802.

Aquino, J., 2018: Solventa, *Calificación de Riesgos.* http://www.solventa.com.py/wp-content/uploads/2013/10/Informe-La-Consolidada-2018.pdf

Banco Mundial, 2019: sitio web consultado en septiembre de 2019, https://datos.bancomundial.org/

Boden, T.A., G. Marland y R.J. Andres, 2013: *Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions.* Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, Oak Ridge, Tenn, USA, DOI:10.3334/CDIAC/00001_V2011

Bonelli, S., S. Vicuña, F.J. Meza, J. Gironás y J. Barton, 2014: Incorporating climate change adaptation strategies in urban water

supply planning: the case of central Chile. *Journal of Water and Climate Change,* 5(3), 357-376.

Brito-Castillo, L., 2012: *Regional pattern of trends in long-term precipitation and stream flow observations: singularities in a changing climate in Mexico.* Greenhouse Gases-Emission, Measurement and Management, 387-412 [Liu, G. (ed.)] (Rijeka: InTech), 504 pp.

Carmona, A. M. y G. Poveda, 2014: Detection of long-term trends in monthly hydro-climatic series of Colombia through Empirical Mode Decomposition. *Climatic Change,* 123(2), 301-313.

CATHALAC, 2015: Seguridad hídrica y cambio climático, un estudio comparativo del estado de derecho y la gestión del agua, desde lo internacional a lo local. Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, http://www.cathalac.int/jdownloads/cambio-climatico/Seguridad%20Hidrica%20y%20Cambio%20Climatico%20estudio%20comparativo%20web.pdf

CATHALAC, 2016: *Una nueva Regionalización Climática de Panamá como aporte a la seguridad hídrica.* Trabajo de la División de Investigación Aplicada y Desarrollo. MiAMBIENTE, Panamá, ISSN en trámite.

CCG, Maipo Plan de Adaptación. Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, https://www.maipoadaptacion.cl

CEDEX, 2012: *Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua.* Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento. Sitio web consultado el 3 de mayo de 2019, http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CEH/Documentos_Descargas/ImpactosCC_2012.htm

CEDEX, 2017: *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España.* Informe técnico Centro de Estudios Hidrográficos – CEDEX, tomo único, clave CEDEX 42-415-0-001. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento. Sitio web consultado el 20 de julio de 2018, http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CEH/Documentos_Descargas/EvaluacionimpactoCCsequiasEspana2017.htm

Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y el Medio Ambiente, 2016: *Vulnerabilidad y resiliencia en el Altiplano boliviano* (2.ª ed.). La Paz, Bolivia.

Centro Regional para el Desarrollo a la Investigación (IDRC)/Investigación para el Desarrollo (Id), 2017: *Investigación Valorizando el agua en un clima y una economía cambiante en el Gran Chaco Americano.*

CFE (Comisión Federal de Electricidad), 2013: *Estadísticas de Ventas,* http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/EstVtas/Default.aspx

CGIAR, *Territorios Sostenibles Adaptados al Clima.* Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, https://ccafs.cgiar.org/es/territorios-sostenibles-adaptados-al-clima#.XbMUJuhKjb0

Chavez-Jimenez, A., A. Granados, L. Garrote y F. Martín-Carrasco, 2015: Adapting water allocation to irrigation demands to constraints in water availability imposed by climate change. *Water resources management,* 29(5), 1413-1430.

CNN, 7 de octubre de 2016: CNN en Español. Sitio web consultado en 2018, https://cnnespanol.cnn.com/2016/10/07/bolivia-vive-una-de-las-peores-sequias-de-los-ultimos-25-anos/

Coelho, C.A.S., D.H.F. Cardoso y M.A.F. Firpo, 2016a: Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. *Theor Appl Climatol,* 125(3),769-784. DOI: 10.1007/s00704-015-1540-9

Coelho, C.A.S., C.P. de Oliveira, T. Ambrizzi, M.S. Reboita, C.B. Carpenedo, J.L.P.S. Campos, A.C.N. Tomaziello, L.A. Pampuch, M.D.S. Custódio, L.M.M. Dutra, R.P. Da Rocha y A. Rehbein, 2016b: The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Clim Dyn,* 46(11), 3737-3752, DOI: 10.1007/s00382-015-2800-1

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), 2013: Registro Público de Derechos de Agua, www.conagua.gob.mx/Repda.aspx

Conservación Internacional: *Adaptación al cambio climático en la alta montaña.* Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, http://www.conservation.org.co/programas/Aguas-y-ciudades/articulos-rios-lagunas/ADAPTACI-N-AL-CAMBIO-CLIM-TICO-EN-ALTA-MONTA-A

Cortés, G., X. Vargas y J. Mcphee, 2011: Climatic sensitivity of streamflow timing in the extratropical western Andes Cordillera. *Journal of Hydrology,* 405(1-2), 93-111.

Dai, A., T. Qian, K.E. Trenberth y J.D. Milliman, 2009: Changes in continental freshwater discharge from 1948 to 2004. *Journal of Climate,* 22(10), 2773-2792.

Del Vasto-Terrientes, L., V. Kumar, T.C. Chao y A. Valls, 2016: A decision support system to find the best water allocation strategies in a Mediterranean river basin in future scenarios of global change. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 28(1-2), 331-350.

De Lira Azevêdo, E., R.R.N. Alves, T.L.P. Dias y J. Molozzi, 2017, How do people gain access to water resources in the Brazilian semiarid (Caatinga) in times of climate change? *Environmental monitoring and assessment,* 189(8), 375.

Departamento del Valle del Cauca, 2018: *Plan Integral de Cambio Climatico para el Valle del Cauca.* Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, https://ecopedia.cvc.gov.co/sites/default/files/archivosAdjuntos/plan_integral_de_cambio_climetico_para_el_valle_del_cauca.pdf

Di Giulio, G.M., A.M.B. Bedran-Martins, M. da Penha Vasconcellos, W.C. Ribeiro y M.C. Lemos, 2018: Mainstreaming climate adaptation in the megacity of São Paulo, Brazil. *Cities,* 72, 237-244.

Di Niro, M. 2007: *Colonia Mennonita del Chaco Paraguayo: Colecta de agua con una superficie de captación de agua.*

Drenkhan, F., M. Carey, C. Huggel, J. Seidel y M.T. Oré, 2015: The changing water cycle: climatic and socioeconomic drivers of water-related changes in the Andes of Peru. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water,* 2(6), 715-733.

Eakin, H. *et ál.,* 2016: Adapting to risk and perpetuating poverty: household's strategies for managing flood risk and water scarcity in Mexico City. *Environmental science & policy*, 66, 324-333.

ECLAC, 2009: *La Economía del Cambio Climático en Chile: Síntesis.* LC/W.288. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), Santiago de Chile, Chile, 88 pp.

EIA, 2019: sitio web consultado en septiembre de 2019, www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=74&t=11

El Milenio, 2012: www.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/215cf5be355aeb0b371d1f895d4e84e4

Engle, N.L. y M.C. Lemos, 2010: Unpacking governance: building adaptive capacity to climate change of river basins in Brazil. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions,* 20(1), 4-13.

Engle, N.L., O.R. Johns, M.C. Lemos y D.R. Nelson, 2011: Integrated and adaptive management of water resources: tensions, legacies, and the next best thing. *Ecology and Society,* 16(1), 19, www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art19/main.html

Equipo Nacional de Pastoral Aborigen (ENDEPA), 2011: *Informe sobre la situación de los pueblos indígenas en Argentina: La agenda pendiente.*

Escriva-Bou, A., M. Pulido-Velazquez y D. Pulido-Velazquez, 2017: The economic value of adaptive strategies to global change for water management in Spain's Jucar Basin. *J. Water Resources Planning and Management,* 143(5), 1-1. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000735

Estado Plurinacional de Bolivia, 2012, Ley Marco de la Madre Tierra y desarrollo integral para vivir bien. Bolivia.

Esteve, P., C. Varela-Ortega, I. Blanco-Gutiérrez y T.E. Downing, 2015: A hydro-economic model for the assessment of climate change impacts and adaptation in irrigated agriculture. *Ecological Economics*, 120, 49-58.

Fader, M., S. Shi, W.V. Bloh, A. Bondeau y W. Cramer, 2016: Mediterranean irrigation under climate change: more efficient irrigation needed to compensate for increases in irrigation water requirements. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(2), 953-973.

Falkenmark, M. (1989). The massive water scarcity now threatening Africa: Why isn't it being addressed? *Ambio,* 18: 112-118.

FAO, 2013: *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe,* http://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf

FAO-Aquastat, 2019: sitio web consultado en septiembre de 2019, http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html

Fortner, S.K., B.G. Mark, J.M. McKenzie, J. Bury, A. Trierweiler, M. Baraer, P.J. Burns y L. Munk, 2011: Elevated stream trace and minor element concentrations in the foreland of receding tropical glaciers. *Applied Geochemistry,* 26(11), 1792-1801.

Fundación Nacional para el Desarrollo, sitio web consultado el 30 de enero de 2020, http://www.funde.org/promoviendo-la-cosecha-de-aguas-lluvias-como-alternativa-de-adaptacion-al-cambio-climatico-y-mejora-de-las-condiciones-de-vida-en-las-comunidades-del-valle-del-jiboa

Gao, X. y F. Giorgi, 2008: Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. *Global and Planetary Change,* 62(3-4), 195-209.

Garcia, J.M.: Sobre las medidas de adaptación de los recursos hídricos cubanos ante el impacto de los cambios climáticos. *Revista Voluntad Hidráulica.* Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, https://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/Sobre_las_medidas_de_adaptacion_de_los_recursos_hidricos_cubanos_ante_el_impacto_del_C.C_%28Jorge_Garcia%29.pdf

Garreaud, R., 2013: Warm winter storms in Central Chile. *J. of Hydrometeorology,* 14, 1515-1534.

Garreaud, R. D., J.P. Boisier, R. Rondanelli, A. Montecinos, H.H. Sepúlveda y D. Veloso-Aguila, 2020: The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology,* 40(1), 421-439.

Garrote, L., A. Granados y A. Iglesias, A., 2016: Strategies to reduce water stress in Euro-Mediterranean river basins. *Science of the Total Environment*, 543, 997-1009.

Girard, C., J.D. Rinaudo y M. Pulido-Velazquez, 2016: Sharing the cost of a river basin adaptation portfolios to climate change: insights from social justice and cooperative game theory. *Water Resources Research,* 52(10), 7945-7962, DOI: 10.1002/2016WR018757

Gobierno Autónomo Municipal de Turco, 2017: Plan Territorial de Desarrollo Integral.

Gobierno de Honduras, *Cosechas de Agua.* Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, http://www.mcahonduras.hn/cosechas-de-agua/

Goerzen, R. y W. Harder, 2017: *Experiencias con el Manejo del agua atmosférica en el Chaco.*

Gunda, T., L. Benneyworth y E. Burchfield, 2015: Exploring water indices and associated parameters: a case study approach. *Water Policy,* 17: 98-111.

Halsnæs, K. y J. Verhagen, 2007: Development based climate change adaptation and mitigation – Conceptual issues and lessons learned in studies in developing countries. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 12(5), 665-684

Hantke-Domas, M., 2011: *Avances Legislativos en Gestión Sostenible y Descentralizada del Agua en América Latina.* LC/W.44, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), Santiago de Chile, Chile, 70 pp.

Harder, W., A. Glatzle y W. Giesbrecht, 2012: *Reporte de visita a productores del Chaco Paraguayo.* Proyecto IDR «F3» (Flatness, Flooding and Farming), https://ced.agro.uba.ar/gran-chaco/?q=node/62

Harder, W., 2015: Foro de Agua-INTA Sáenz Peña. Sistema de captación y almacenamiento de agua. Chaco Central, Paraguay.

Harder, W., 2017: *Captación y almacenamiento de Agua de lluvia,* http://cifca.agr.una.py/images/Documentos/Libros/Captacion%20y%20almacenamiento%20de%20agua%20de%20lluvia%20-%20Taller%20Gesiton%20del%20Agua%20-%20EECC%20Julio%202017%20mod.pdf

Herrera-Pantoja, M. y K.M. Hiscock, 2015: Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. *Environmental Science & Policy,* 54, 81-89.

Herwehe, L. y C.A. Scott, 2018: Drought adaptation and development: small-scale irrigated agriculture in northeast Brazil. *Climate and Development,* 10(4), 337-346.

Hurlbert, M. y J. Gupta, 2017: The adaptive capacity of institutions in Canada, Argentina, and Chile to droughts and floods. *Regional environmental change,* 17(3), 865-877.

IEA, 2019: sitio web consultado en septiembre de 2019, https://www.iea.org/statistics/

Iglesias, A., B. Sánchez, L. Garrote e I. López, 2017: Towards adaptation to climate change: water for rice in the coastal wetlands of Doñana, Southern Spain. *Water resources management,* 31(2), 629-653**.**

Imbach, P., L. Molina, B. Locatelli, O. Roupsard, G. Mahé, R. Neilson, L. Corrales, M. Scholze y P. Ciais, 2012: Modeling potential equilibrium states of vegetation and terrestrial water cycle of Mesoamerica under climate change scenarios. *Journal of Hydrometeorology,* 13(2), 665-680.

INE (Instituto Nacional de Ecología), 2013: El Cambio Climático en México, Información por Estado y Sector, www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo sector/estados/chihuahua.html

Instituto Nacional de Estadísticas, 2012: Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas, http://www.ine.gob.bo

Ioris, A.A.R., C.T. Irigaray y P. Girard, 2014: Institutional responses to climate change: opportunities and barriers for adaptation in the Pantanal and the Upper Paraguay River Basin. *Climatic change,* 127(1), 139-151.

Jiménez, C., B.E., T. Oki, N.W. Arnell, G. Benito, J.G. Cogley, P. Döll, T. Jiang y S.S. Mwakalila, 2014: Freshwater resources. En: *Climate*

Change 2014: Impacts,Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 229-269.

Jimenez, B., I. Navarro y R. Montes, 2018: Water quality risks associated with climate change: three Mexico City case studies. En: *Ciudades sensibles al cambio climático. Construyendo capacidades para la sustentabilidad y la resiliencia urbana con equidad,* Capítulo 3 [Delgado Ramos, G.C. (ed.)]. PINCC, UNAM. CDMX, México, pp. 398, E-ISBN: 9786073010719

Kahil, M.T., J.D. Connor y J. Albiac, 2015: Efficient water management policies for irrigation adaptation to climate change in Southern Europe. *Ecological Economics,* 120, 226-233.

Kahil, M., J. Albiac, A. Dinar, E. Calvo, E. Esteban, L. Avella y M. Garcia-Molla, 2016: Improving the performance of water policies: Evidence from drought in Spain. *Water,* 8(2), 34.

Khan, Z., P. Linares y J. García-González, 2016: Adaptation to climate-induced regional water constraints in the Spanish energy sector: An integrated assessment. *Energy Policy,* 97, 123-135.

Klassen, N. *et ál.,* 2004: *Colecta, almacenamiento, utilización y reciclaje de agua en el agua Chaco Central,* http://chmparaguay.com.py/informaciones-ambientales/Chaco%20Paraguayo/CHACO/7182C.pdf

Kovats, R.S., R. Valentini, L.M. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell y J.-F. Soussana, 2014: Europe. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kumar, V., L. Del Vasto-Terrientes, A. Valls y M. Schuhmacher, 2016: Adaptation strategies for water supply management in a drought prone Mediterranean river basin: Application of outranking method. *Science of The Total Environment,* 540, 344-357.

Kuzdas, C., B. Warner, A. Wiek, M. Yglesias, R. Vignola y A. Ramírez-Cover, 2016: Identifying the potential of governance regimes to aggravate or mitigate local water conflicts in regions threatened by climate change. *Local Environment,* 21(11), 1387-1408.

La Jornada, 2012: www.jornada.unam.mx/2012/04/17/estados/032n2est

Landa, R., V. Magaña y C. Neri, 2012: *Agua y Clima: Elementos Para la Adaptación al Cambio Climático.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México. DOI: ISBN: 9789688178874.

Lankford, B., A. Closas, J. Dalton, E. López Gunn, T. Hess, J. Knox, S. van der Kooij, J. Lautze, D. Molden, S. Orr, J. Pittock, B. Richter, P. Riddell, C.A. Scott, J. Vos, J.P. Venot y M. Zwarteveen: Navigating the promises, pitfalls and paradoxes of irrigation efficiency in meeting major water challenges. *Nature Sustainability.* En revisión.

Lemos, C.C.F., A.M. Paixão, A. Morais Reis, R.S. Sakimoto y J.F. Eichstadt, 2017: *ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA: AS LIÇÕES APRENDIDAS NO PROCESSO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.* Congreso.

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Marcos-García, P. y M. Pulido-Velazquez, 2017a: Cambio climático y planificación hidrológica: ¿es adecuado asumir un porcentaje único de reducción de aportaciones para toda la demarcación? *Ingeniería del Agua,* 21(1), 35-52.

Marcos-García, P. y M. Pulido-Velazquez, 2017b: Cambio climático y planificación hidrológica. En: *Libro Blanco de la Economía del Agua* [Delacámara G, J.C. Díez, F. Lombardo (ed.)]. McGraw-Hill Education, Cap. 13, 165-179. ISBN: 978-84-486-1302.

Marcos-García, P., A. Lopez-Nicolas y M. Pulido-Velazquez, 2017: Combined use of relative drought indices to analyze climate change impact on meteorological and hydrological droughts in a Mediterranean basin. *Journal of Hydrology,* 554, 292-305.

Marengo, J.A., R.R. Torres y L.M. Alves 2017: Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology,* 129(3-4), 1189-1200.

Marengo, J.A., C.A. Nobre, E.M. Seluchi, A. Cuartas, L.M. Alves, E.M. Mendiondo, G. Obregón y G. Sampaio, 2015: A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. Revista USP-São Paulo, 106:31-44.

Marengo, J.A. y L.M. Alves: Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento. *Geousp – Espaço e Tempo (on-line),* vol. 19, n.º 3, pp. 485-494, mês. 2016. ISSN: 2179-0892.

MARM, 2008: ORDEN ARM/2656/2008 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. BOE, 22 de septiembre de 2008, n.º 229: 38472-38582. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador), 2017: *Plan nacional de gestión integrada del recurso hídrico de El Salvador, con énfasis en zonas prioritarias,* http://www.marn.gob.sv/plan-nacional-de-gestion-integrada-del-recurso-hidrico/

Martínez, A., P.F. y C. Patiño Gómez (eds.) 2010: Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de México, vol. III. *Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morales, México, 162 pp.

Maurer, E., J. Adam y A. Wood, 2009: Climate model based consensus on the hydrologic impacts of climate change to the Rio Lempa basin of Central America. *Hydrology and Earth System Sciences,* 13(2), 183-194.

McPhee, J., E. Rubio-Alvarez, R. Meza, A. Ayala, X. Vargas y S. Vicuña, 2010: An approach to estimating hydropower impacts of climate change from a regional perspective. En: *Watershed Management 2010: Innovations in Watershed Management under Land Use and Climate Change* [Potter, K.W. y D.K. Frevert (eds.)]. Proceedings of the Watershed Management Conference 2010, Madison, Wisconsin, 23-27 de agosto de 2010, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, VA, USA, pp. 13-24.

Meza, F.J., S. Vicuña, M. Jelinek, E. Bustos y S. Bonelli, 2014: Assessing water demands and coverage sensitivity to climate change in the urban and rural sectors in central Chile. *Journal of Water and Climate Change,* 5(2), 192-203.

MiAMBIENTE, 2016: *Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: Agua para Todos.* Panamá, República de Panamá. Noviembre de 2016.

MiAMBIENTE, 2017: Informe Identificación y Priorización de Tecnologías para la Adaptación: Sector Recurso Hídrico dentro de Panamá: Evaluación de Necesidades Tecnológicas ante el Cambio Climático. Disponible en: http://database.tech-action.org/media/k2/attachments/Panama_Informe_TNA_Adaptacion_Final_2501.2016.pdf

MiAMBIENTE, 2018: *Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.* Presentación de resultados finales, realizada por MIAMBENTE, el PNUD y CATHALAC (documento en proceso de impresión).

MIMAM, 2000: *Libro Blanco del Agua en España.* Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. ISBN: 9788483201282.

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRYT), Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario (VDRA), 2016: *Estrategia para el desarrollo sostenible en la producción de camélidos sudamericanos domésticos en Bolivia.*

Minucci, G., 2016: Assessing adaptive capacity of water management organizations. The case study of the municipality of Tomave (Bolivia). *Journal of Risk Research,* 19(7), 847-872.

Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP), 2017: *Plan de adaptación y mitigación de los servicios de infraestructura al cambio climático 2017-2022.* Documento elaborado por la Secretaría Ejecutiva de Medio Ambiente y Territorio de la Dirección General de Obras Públicas.

Montenegro, A. y R. Ragab, 2010: Hydrological response of a Brazilian semi-arid catchment to different land use and climate change scenarios: a modelling study. *Hydrological Processes,* 24(19), 2705-2723.

Muñoz, C.S. Avila, L.A. Jaramillo, J. Sainz, A. Martinez, Alejandro Guevara y O. Stabridis, 2006: *Agriculture Demand for Groundwater in Mexico: Impact of water right enforcement and electricity user-fee on Groundwater level and quality,* http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/decoupling_the_subsidy_for_water_pumping.pdf

Nobre, C., J. Marengo, M.L. Seluchi y L. Cuartas Alves, 2016: Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in southeastern Brazil during 2014 and 2015. *J Water Resour. Prot.,* 8:252-262, DOI: 10.4236/jwarp.2016.82022

Nosetto, M.D., G. Baldi, A. Wehrle, F. Murray, R. Giménez, P. Magliano, J.L. Mercau, E.G. Jobbágy, W. Harder, A. Glatzle y W. Giesbrecht, 2012: *Reporte de visita a productores del Chaco.*

Núñez, J., A. Vergara, C. Leyton, C. Metzkes, G. Mancilla, y D. Bettancourt, 2017: Reconciling drought vulnerability assessment using a convergent approach: Application to water security in the Elqui River Basin, North-Central Chile. *Water,* 9(8), 589.

Obrego, G.O., J.A. Marengo y C.A. Nobre, 2014: Rainfall and climate variability: long-term trends in the Metropolitan Area of São Paulo in the 20th century. *Climate Research,* 61(2), 93-107. DOI: 10.3354/cr01241

Ocampo-Melgar, A., S. Vicuña, J. Gironás, R.G. Varady y C.A. Scott, 2016: Scientists, policymakers, and stakeholders Plan for climate change: A Promising approach in Chile's Maipo Basin. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development,* 58(5), 24-37.

Oliveira, F.N.M., 2011: *Climatologia de bloqueios atmosféricos no hemisfério sul: observações, simulações do clima do século XX e cenários futuros de mudanças climáticas.* Tese (Doutorado em Meteorologia). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Oliveira, F.N.M., L.M.V. Carvalho y T. Ambrizzi, 2014: A new climatology for Southern Hemisphere blockings in the winter and the combined effect of ENSO and SAM phases. *International Journal of Climatology,* 34, 1676-1692, DOI: 10.1002/joc.3795

Oliveira O.F., J.G.C. Gondim Filho, S.M.A. Freitas y A. Meller, 2015: *AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA ENTRE 2004 e 2014.* XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília.

Ospina Noreña, J.E., C. Gay García, A.C. Conde y G. Sánchez Torres Esqueda, 2011: A proposal for a vulnerability index for hydroelectricity generation in the face of potential climate change in Colombia. *Atmósfera,* 24(3), 329-346.

Otto, F.E.L., C.A.S. Coelho, A. King, E. Coughlan de Perez, Y. Wada, G.J. van Oldenborgh, R. Haarsma, K. Haustein, P. Uhe, M. van Aalst, J.A. Aravequia, W. Almeida y H. Cullen, 2015: Factors other than climate change, main drivers of 2014/15 water shortage in Southeast Brazil. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.,* 96 (12):35-40, DOI: 10.1175/BAMS-EEE_2014_ch8.1

Paraguayo, Proyecto IDRC «F3» (Flatness, Flooding and Farming).

Paredes-Arquiola, J., J. Andreu-Álvarez, M. Martín-Monerris y A. Solera, 2010: Water Quantity and Quality Models Applied to the Jucar River Basin, Spain. *Water Resour Manage,* 24: 2759, https://doi.org/10.1007/s11269-010-9578-z

PEG, 2014: *Plan Estratégico de Gobierno 2015-2019.* Gobierno de la República de Panamá. Sitio web consultado 10 de febrero de 2017, http://www.mef.gob.pa/es/Documents/PEG

Pizarro, R., M. Vera, R. Valdés, B. Helwig y C. Olivares, 2014: Multi-decadal variations in annual maximum peak flows in semi-arid and temperate regions of Chile. *Hydrological Sciences Journal,* 59(2), 300-311

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)/ Investigación para el Desarrollo (Id), 2014: *Evaluación de Vulnerabilidad e Impacto del Cambio Climática en la Región del Gran Chaco Americano.*

Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE): Sitio web consultado el 30 de enero de 2020, https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-nacional-contra-la-sequia-pronacose-programas-de-medidas-preventivas-y-de-mitigacion-a-la-sequia-pmpms-para-ciudades

Rabatel, A., B. Francou, A. Soruco, J. Gomez, B. Cáceres, J.L. Ceballos, R. Basantes, M. Vuille, J.-E. Sicart, C. Huggel, M. Scheel, Y. Lejeune, Y. Arnaud, M. Collet, T. Condom, G. Consoli, V. Favier, V. Jomelli, R. Galarraga, P. Ginot, L. Maisincho, J. Mendoza, M. Ménégoz, E. Ramirez, P. Ribstein, W. Suarez, M. Villacis y P. Wagnon, 2013: Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere Discussions,* 7, 81-102.

Red del Pacto Global Paraguay, 2015: *Guía de uso eficiente del agua,* http://pactoglobal.org.py/uploads/dK39uh.pdf

Roco, L., D. Poblete, F. Meza y G. Kerrigan, 2016: Farmers' options to address water scarcity in a changing climate: Case studies from two basins in Mediterranean Chile. *Environmental management,* 58(6), 958-971.

Romero-Lankao, P., 2010: Water in Mexico City: what will climate change bring to its history of water-related hazards and vulnerabilities? *Environment and Urbanization,* 22(1), 157-178.

Romero-Lankao, P., J.B. Smith, D.J. Davidson, N.S. Diffenbaugh, P.L. Kinney, P. Kirshen, P. Kovacs y L. Villers Ruiz, 2014: North America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Salinas, C.X., J. Gironás y M. Pinto, 2016: Water security as a challenge for the sustainability of La Serena-Coquimbo conurbation in northern Chile: global perspectives and adaptation. *Mitigation and adaptation strategies for global change,* 21(8), 1235-1246.

Sanchis-Ibor, C., M. Ortega-Reig, M. García Molla, M. Pulido-Velazquez, P. Marcos-Garcia, C. Girard, M. Ruiz-Rodriguez y A. Garcia-Prats, 2018: *Adaptación de la agricultura a escenarios de cambio global. Aplicación de métodos participativos en la cuenca del río Júcar (España). Economía Agraria y Recursos Naturales.* Aceptado, pendiente de publicación.

Santoyo-Castelazo, E., H. Gujba y A. Azapagic, 2011: Life cycle assessment of electricity generation in Mexico. *Energy,* 36: 1488-99.

Scott, C.A. y T. Shah, 2004: Groundwater overdraft reduction through agricultural energy policy: Insights from India and Mexico. *International Journal of Water Resources Development,* 20: 149-64.

Scott, C.A., S.A. Pierce, M.J. Pasqualetti, A.L. Jones, B.E. Montz y J.H. Hoover, 2011: Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. *Energy Policy,* 39: 6622-30.

Scott, C.A., F.J. Meza, R.G. Varady, H. Tiessen, J. McEvoy, G.M. Garfin, M. Wilder, L.M. Farfán, N. Pineda Pablos y E. Montaña, 2013: Water Security and Adaptive Management in the Arid Americas. *Annals of the Association of American Geographers,* 103: 280-9.

Scott, C.A., 2013: Electricity for groundwater use: constraints and opportunities for adaptive response to climate change. *Environmental Research Letters,* 8.

Scott, C.A., S. Vicuña, I. Blanco Gutiérrez, F. Meza y C. Varela Ortega, 2014: Irrigation efficiency and water-policy implications for river-basin resilience. *Hydrology and Earth System Sciences,* 18(4), 1339-1348.

Scribano, R., C. Cabello *et ál.,* 2017: *Valorizando el agua en un clima y economía Cambiantes en el Gran Chaco Americano. Investigación para el Desarrollo (Id)-Centro Regional para el Desarrollo a la Investigación (IDRC).* Sitio web consultado en: http://desarrollo.org.py/admin/app/webroot/pdf/publications/02-04-2018-14-20-37-831876183.pdf

Secretaría del Agua de Ecuador: sitio web consultado el 30 de enero de 2020, https://www.agua.gob.ec/secretaria-del-agua-y-protos-firman-convenio-de-apoyo-dirigido-a-comunidades-de-esmeraldas/

Secretaría Técnica de Planificaciones (STP), 2014, *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2030,* http://www.stp.gov.py/pnd/wp-content/uploads/2014/12/pnd2030.pdf

SENACYT, 2015: *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá y Plan Nacional 2015-2019.* Editado y Publicado en Panamá, ISBN: 978-9962-680-15-4.

Seoane, R. y P. López, 2007: Assessing the effects of climate change on the hydrological regime of the Limay River basin. *GeoJournal,* 70(4), 251-256.

Servicio de Hidrología y Meteorología, 2018: SENAMHI. Sitio web consultado en 2018, http://www.senamhi.gob.bo

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016: Bases de datos Estación Meteorológica Cosapa. Bolivia.

Seth, A., K. Fernandes y S.J. Camargo, 2015: Two summers of São Paulo drought: origins in the western tropical pacific. *Geophys Res Lett,* 42(24): 10816-10823, DOI: 10.1002/2015GL066314

Shah, T., 2009: Climate change and groundwater: India's opportunities for mitigation and adaptation. *Environmental Research Letters,* 4: 035005.

Sheinbaum-Pardo, C., B.J. Ruiz-Mendoza y V. Rodríguez-Padilla, 2012: Mexican energy policy and sustainability indicators. *Energy Policy,* 46: 278-83.

SISS, 2016: *Informe de Gestión del Sector Sanitario.* Disponible en: http://www.siss.gob.cl/appsiss/historico/articles-16848_recurso_1.pdf

Solaun, K. y E. Cerdá, 2017: The Impact of Climate Change on the Generation of Hydroelectric Power – A Case Study in Southern Spain. *Energies,* 10(9), 1343.

Solia, M., O.M. Faria y R. Araújo, 2007: *Mananciais da região metropolitana de São Paulo.* São Paulo, Sabesp.

Stahl, K., H. Hisdal, J. Hannaford, L.M. Tallaksen, H.A.J. van Lanen, E. Sauquet, S. Demuth, M. Fendekova y J. Jódar, 2010: Streamflow trends in Europe: evidence from a dataset of near-natural catchments. *Hydrology & Earth System Sciences,* 14, 2367-2382.

The Nature Conservancy (TNC), Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco (DeSdel Chaco) y Wildife Conservation Society Bolivia (WCS), 2005: *Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano.*

UNA&UN, 2014: *Hidrovial Consultores. Producción de agua dulce en el Pozo Colorado, Chaco Paraguayo,* http://www.ing.una.py/pdf/1er-congreso-nacional-ingcivil/36hs-ia36.pdf

Urrutia, R.B., A. Lara, R. Villalba, D.A. Christie, C. Le Quesne y A. Cuq, 2011: Multicentury tree ring reconstruction of annual streamflow for the Maule River watershed in south central Chile. *Water Resources Research*, 47(6), W06527, DOI: 10.1029/2010WR009562

Varady, R. G., A.A Zuniga-Teran, G.M. Garfin, F. Martín y S. Vicuña, 2016: Adaptive management and water security in a global context: definitions, concepts, and examples. *Current opinion in environmental sustainability,* 21, 70-77.

Varela-Ortega, C., I. Blanco-Gutiérrez, P. Esteve, S. Bharwani, S. Fronzek, y T.E. Downing, 2016: How can irrigated agriculture adapt to climate change? Insights from the Guadiana Basin in Spain. *Regional Environmental Change,* 16(1), 59-70.

Verbist K., M. Doria y G. Mancilla (eds.), 2018: *La Cosecha de Agua. Instrumento para la Seguridad Hídrica.* Casos de estudios del Seminario Internacional, 9-10 de marzo de 2017, Santiago, Chile. UNESCO Programa Hidrologica Internacional, París.

Vicuña, S., R.D. Garreaud y J. McPhee, 2011: Climate change impacts on the hydrology of a snowmelt driven basin in semiarid Chile. *Climatic Change,* 105(3-4), 469-488.

Vicuña, S., J. McPhee y R.D. Garreaud, 2012: Agriculture vulnerability to climate change in a snowmelt driven basin in semiarid Chile. *Journal of Water Resources Planning and Management,* 138(5), 431-441.

Vicuña, S., J. Gironás, F.J. Meza, M.L. Cruzat, M. Jelinek, E. Bustos, D. Poblete y N. Bambach, 2013: Exploring possible connections between hydrological extreme events and climate change in central south Chile. *Hydrological Sciences Journal,* 58(8), 1598-1619.

Vicuna, S., P. Alvarez, O. Melo, L. Dale y F. Meza, 2014: Irrigation infrastructure development in the Limarí Basin in Central Chile: implications for adaptation to climate variability and climate change. *Water international,* 39(5), 620-634.

Vicuña, S., M. Gil, O. Melo, G. Donoso y P. Merino, 2018: Water option contracts for climate change adaptation in Santiago, Chile. *Water international,* 43(2), 237-256.

Vuille, M. *et ál.,* 2018: *Rapid decline of snow and ice in the tropical Andes. Impacts, uncertainties and challenges ahead.*

Vuille, M., M. Carey, C. Huggel, W. Buytaert, A. Rabatel, D. Jacobsen, A. Soruco, M. Villacis, C. Yarleque, O.E. Timm, T. Condom, N. Salzmann y J.E. Sicart, 2018: *Rapid decline of snow and ice in the tropical Andes–Impacts, uncertainties and challenges ahead. Earth-Science Reviews,* 176, 195-213.

7

Sector agropecuario

Miguel Ángel Taboada (Argentina), Mercedes Busto (Argentina), Alejandro Oscar Costantini (Argentina), Andrea Maggio (Argentina), Adriano Perin (Brasil), Marcio Sampaio Pimentel (Brasil), Marta Andrea Alfaro (Chile), Diego Pons Ganddini (Guatemala), Alejandro Ismael Monterroso Rivas (México) y Ana María Loboguerrero (Colombia).

Se recomienda citar este texto como:

Taboada, M.A., M. Busto, A.O. Costantini, A. Maggio, A. Perin, M.S. Pimentel, M.A. Alfaro, D. Pons Ganddini, A.I. Monterroso Rivas y A.M. Loboguerrero, 2020: Sector Agropecuario. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 237-290, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo **240**

7.1. Introducción **241**

7.1.1. Marco conceptual del capítulo 241

7.1.2. Principales cifras del sector o sistema 241

7.1.3. Relación del sector o sistema con el clima y el cambio climático. Tipos de agricultura y conflictos en América Central, Caribe, Sudamérica y la Península Ibérica 242

7.1.3.1. Descripción y tensiones existentes 242

7.1.3.2. Descripción del sector de agricultura y ganadería en la Península Ibérica 243

7.1.4. Revisión de informes previos 243

7.2. Componentes del riesgo en relación con el sector o sistema **244**

7.2.1. Amenazas 244

7.2.2. Exposición 244

7.2.3. Vulnerabilidad 244

7.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos **245**

7.4. Medidas de adaptación **247**

7.4.1. Opciones de adaptación 247

7.4.1.1. Estructurales o físicas 247

7.4.1.2. Sociales 248

7.4.1.3. Institucionales 248

7.4.2. Acciones de adaptación en el sector agropecuario (por regiones) 249

7.4.3. Actividades de adaptación planificada 249

7.4.4. Actividades de adaptación autónoma 253

7.5. Barreras, oportunidades e interacciones **257**

7.5.1. Mitigación 257

7.5.2. Prevención de la degradación de la tierra 259

7.5.3. Biodiversidad y servicios ecosistémicos 259

7.5.4. Seguridad alimentaria 259

7.5.5. Salud 259

7.5.6. Reducción de la pobreza 260

7.5.7. Provisión de agua 260

7.5.8. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas 260

7.5.9. Prioridades del Marco de Sendai 260

7.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación **260**

7.7. Casos de estudio **261**

7.7.1. Análisis comparativo de los avances en la frontera agropecuaria sucedidos en la Argentina y en Brasil 261

7.7.1.1. Resumen del caso 261

7.7.1.2. Introducción a la problemática del caso 261

7.7.1.3. Descripción del caso 261

7.7.1.4. Limitaciones e interacciones 263

7.7.1.5. Lecciones identificadas 264

7.7.2. Selección de germoplasma adaptado de banana en el Nordeste de la Argentina 264

7.7.2.1. Resumen del caso 264

7.7.2.2. Introducción a la problemática del caso 265

7.7.2.3. Descripción del caso ... 265
7.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 265
7.7.2.5. Lecciones identificadas ... 266
7.7.3. Selección de plantas matrices de café tolerantes a la roya en Perú ... 266
7.7.3.1. Resumen del caso ... 266
7.7.3.2. Introducción a la problemática del caso ... 266
7.7.3.3. Descripción del caso ... 266
7.7.3.4. Limitaciones e interacciones ... 267
7.7.3.5. Lecciones identificadas ... 267
7.7.4. Diversificación de cafetales con aguacate en México ... 268
7.7.4.1. Resumen del caso ... 268
7.7.4.2. Introducción a la problemática del caso ... 268
7.7.4.3. Descripción del caso ... 269
7.7.4.4. Limitaciones e interacciones ... 269
7.7.4.5. Lecciones identificadas ... 269
7.7.5. Cambio en fecha de siembra para el aprovechamiento de la humedad en el centro de México ... 270
7.7.5.1. Resumen del caso ... 270
7.7.5.2. Introducción a la problemática del caso ... 270
7.7.5.3. Descripción del caso ... 270
7.7.5.4. Limitaciones e interacciones ... 271
7.7.5.5. Lecciones identificadas ... 271
7.7.6. Promoviendo la agricultura sostenible adaptada al clima en Centroamérica y Caribe y el oeste de Sudamérica ... 271
7.7.6.1. Resumen de los casos ... 271
7.7.6.2. Introducción a la problemática de los casos ... 272
7.7.6.3. Descripción de los casos ... 272
7.7.6.4. Limitaciones ... 273
7.7.6.5. Interacciones y cobeneficios ... 273
7.7.6.6. Lecciones identificadas ... 274
7.7.7. Uso eficiente de agua en el cultivo de arroz en Colombia ... 275
7.7.7.1. Resumen del caso ... 275
7.7.7.2. Introducción a la problemática del caso ... 275
7.7.7.3. Descripción del caso ... 275
7.7.7.4. Limitaciones e interacciones ... 276
7.7.7.5. Lecciones identificadas ... 276
7.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias ... 276
7.9. Conclusiones ... 277
Preguntas frecuentes ... 278
Agradecimientos ... 279
Bibliografía ... 279
Anexo del Capítulo 7 ... 286

Resumen ejecutivo

En los países RIOCC se observa una marcada heterogeneidad en lo que respecta al sector agropecuario y al tipo de medidas de adaptación posibles. Mientras que en algunos países la población desarrolla una agricultura de pequeña escala, muy dependiente del clima, en otros existe una agricultura tecnificada enfocada a la exportación. En la mayor parte de los países latinoamericanos y del Caribe existe una mediana a elevada proporción de población rural que desarrolla un tipo de agricultura de pequeña escala con escasa conexión con los mercados internacionales, donde se desarrolla una agricultura familiar y campesina, a menudo de subsistencia y con uso de prácticas ancestrales, aunque también existe desarrollo capitalista en huertas familiares. Por el contrario, aquellos países con menor población rural y mayor extensión de tierra (p. ej., Argentina, Brasil y Paraguay) tienen además una actividad agropecuaria de tipo empresarial con mayores escalas con un fuerte enfoque en los saldos exportables.

Las principales amenazas climáticas surgen de la ocurrencia de estreses térmicos e hídricos para cultivos y ganado, pérdidas de cultivos y hacienda por los procesos erosivos, sequías e inundaciones y la mayor diseminación de plagas y enfermedades. No obstante, en algunas regiones también surgen nuevas oportunidades por el incremento de precipitaciones, cambios en su estacionalidad y por la posibilidad de explotar nuevas variedades (megatérmicas o tropicales) en zonas donde no había sido habitual hacerlo. El nivel de exposición a las amenazas planteadas es muy variable en función principalmente del nivel socioeconómico de la población afectada, la rigidez o flexibilidad relativa con que pueden variar sus sistemas productivos o adoptar tecnología, y la posibilidad de asistencia o disponibilidad de dicha tecnología.

Algunos ejemplos de acciones de adaptación al cambio climático incluyen:

- **Medidas protectoras.** Se incluye la construcción de represas de contención de deslizamientos y prevención de erosión y aludes por deslizamientos, la restauración de ecosistemas y mejoras en la captación del agua.
- **Agricultura climáticamente inteligente (ACI).** En varios países de la región se ha implementado en los últimos años la denominada agricultura climáticamente inteligente. La ACI se basa en tres pilares fundamentales: incrementar de forma sostenible la productividad y los ingresos agrícolas; adaptar y desarrollar resiliencia al cambio climático, y reducir o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Sistemas de alerta temprana climática.** Se encuentran entre las medidas de tipo planificado más usuales como forma de generar medidas preventivas frente a eventos climáticos extremos, del tipo de granizadas, heladas tempranas o tardías, olas de calor o sequías prolongadas.
- **Cambios de zonas de siembra.** Cambios o avances de la agricultura hacia zonas marginales suelen ser respuestas de tipo autónomo por parte de los agricultores. Sirven de ejemplo el avance de la frontera agropecuaria hacia el oeste y norte en la Argentina (en respuesta a cambios en la distribución de lluvias) y los desplazamientos de zonas de siembra de caficultores hacia tierras de cotas más altas en áreas montañosas (buscando eludir los aumentos de temperatura y las plagas).
- **Cambio de variedades y traslado de cultivos.** En la Península Ibérica, conviene destacar la existencia de diversas iniciativas a nivel nacional para el trabajo científico en red y el intercambio de información en materia de cambio climático y agricultura en España, la plataforma AdapteCCa y la red REMEDIA (Medina Martín, 2016). A modo de ejemplo, en respuesta a escenarios de riesgo climático para los viñedos, se proponen desde medidas simples, como cambiar el manejo de los suelos con coberturas verdes y de paja y la conducción de los viñedos en sistema de vasos, a medidas más complejas y onerosas, como el traslado de zonas de vid a mayores altitudes o el cambio de variedades.
- **Siembra directa.** En la agricultura a gran escala la adopción de la tecnología de manejo de suelos con siembra directa contribuyó a un trabajo en escala económicamente rentable y a la posibilidad de plantar cultivos como maíz y soja en áreas climáticamente más vulnerables.
- **Mejora de pastos y razas de ganado.** Con respecto a la ganadería, las opciones tecnológicas de adaptación pasan por mejorar la calidad del forraje con variedades adaptadas a sequía y razas de ganado de mayor rusticidad en países con ganadería en pastoreo, como Nicaragua, Costa Rica y México.

Aunque existen medidas con claros cobeneficios con la mitigación o conservación del suelo, otras conllevan efectos adversos. Existen muchas medidas de adaptación que exhiben claros cobeneficios con la mitigación de cambio climático o con la prevención de la degradación de tierras y de desertificación, tal como se ha mostrado en el reciente Informe de Cambio Climático y Tierra del IPCC (IPCC, 2019). Ello sucede a menudo porque estas medidas protegen los suelos, incrementando sus almacenes de carbono o disminuyendo sus tasas de erosión. Otras medidas de adaptación no van en este sentido y generan efectos adversos importantes. Un ejemplo manifiesto son los cambios de uso del suelo por avances en las zonas de cultivo que generaron pérdidas de biodiversidad y almacenes de carbono en pastizales y bosques, nuevas plagas y enfermedades o resistencia de las mismas, y desequilibrios hidrológicos importantes. Si no se presta debida atención a estos efectos adversos, los impactos negativos pueden exceder los eventuales beneficios buscados, y en algunos casos hasta aparentemente obtenidos.

7.1. Introducción

7.1.1. Marco conceptual del capítulo

Los países de la RIOCC presentan una marcada heterogeneidad en cuanto a las amenazas de origen climático que afectan al sector agropecuario. Esta heterogeneidad puede ser clasificada en tres ejes o sectores: a) los riesgos de exposición a daños o deterioros por cambio climático; b) las vulnerabilidades que afectan a las poblaciones y los ecosistemas, y c) las oportunidades que puede brindar el cambio climático. Este marco conceptual es descrito sucintamente en la **Figura 7.1.**

a) Riesgos: se incluyen aquí aquellas consecuencias negativas que los cambios del clima operan o pueden operar sobre cultivos y animales de producción. El cambio más notorio es el aumento de las temperaturas medias y de los mínimos diarios (noches más cálidas), aunque también pueden esperarse eventos extremos, como olas de calor, menor cantidad de días con heladas, sequías y excesos hídricos en forma de tormentas y granizadas.

b) Vulnerabilidades: se incluye aquí un listado de factores que pueden incrementar o agravar la magnitud de los daños y disminuir la capacidad de resiliencia en este momento, como por ejemplo, los altos índices de pobreza, la desaparición de bosques y pastizales, y la pobre institucionalidad de algunos países que lleva a la falta de marcos regulatorios o de cumplimiento efectivo de la ley.

c) Oportunidades: aun cuando la mayoría de los cambios del clima son negativos, existen algunos casos de cambios que pueden favorecer las producciones agropecuarias. Algunos ejemplos son la tropicalización de regiones, que permiten el cultivo con especies megatérmicas, o el aumento de las lluvias, que bajo ciertas circunstancias puede permitir el desplazamiento o aumento de las áreas de cultivo.

7.1.2. Principales cifras del sector o sistema

Según surge de las estadísticas de FAO (FAOSTAT, 2019), el conjunto de países que integran el estudio presenta importantes diferencias en sus indicadores de desarrollo social y del sector rural (**Tabla 7.1**). La cantidad de habitantes que viven en el sector rural (fuera de centros urbanos) alcanza casi 130 millones de personas. Los dos países con mayor cantidad de población rural son Brasil y México. Tomado como porcentaje de la población total, ocho países exhiben una fuerte ruralidad (> 30 % de la población), mientras que Uruguay y Argentina tienen menos de un 10 % de población rural.



Figura 7.1. Marco conceptual que describe los riesgos, vulnerabilidades y oportunidades del sector agropecuario en el contexto de cambio climático para los países RIOCC.
Fuente: elaboración propia.

Las acciones que se implementan son muy diversas, en función de la heterogeneidad de regiones, proporción de población rural y niveles de pobreza (**Tabla 7.1**) y tipos de agricultura. La región desempeña un rol principal como productora de alimentos en cultivos como trigo, maíz, soja, arroz, café, cacao, frutales de estación, entre otros, que en gran parte son exportados a mercados de ultramar. Este tipo de actividad es desempeñado fundamentalmente por empresas de diverso formato, tanto multinacionales como de tipo familiar, pero que básicamente destacan por la escala en la que trabajan, la aplicación de tecnología, el acceso a la información de mercados y la posibilidad de integración en cadenas de valor.

El uso de la tierra rural en los países RIOCC se subdivide en destino agrícola y ganadero (más de 78 millones de hectáreas), forestal (43 millones de hectáreas) y otros usos (31,4 millones de hectáreas). Tres países del conjunto de la RIOCC (Brasil, Argentina y México) concentran el 68,8 % de las tierras agrícolas. Estas tierras se destinan mayormente (72,5 %) a la producción de forraje para el ganado (pastizales y pasturas). El

Tabla 7.1. Información descriptiva de los sectores rurales de los países RIOCC. Fuente: FAOSTAT (2019).

Continente/región	País	Población rural		Uso del suelo (ha x 1.000)			Área agrícola (ha x 1.000)		
		Habitantes x 1.000	% Total	Agricultura	Bosques	Otros	Agricultura	Cultivos perennes	Pastizales y pasturas
América del Norte	México	3.633	8,2 %	14.870	2.741	9.676	40.200	1.000	108.500
Centroamérica y Caribe	Costa Rica	3.429	30,2 %	3.770	6.009	1.536	4.488	247	33.000
	Cuba	28.321	13,5 %	28.259	494	5.069	63.366	7.982	172.553
	República Dominicana	2.263	12,1 %	1.579	1.774	4.083	1.732	450	14.015
	El Salvador	9.508	19,1 %	4.467	5.850	778	3.819	2.038	40.873
	Guatemala	6.101	35,8 %	579	1.255	650	2.454	1.431	3.126
	Honduras	2.649	39,8 %	2.189	1.532	252	4.949	85	17.000
	Nicaragua	7.192	20,5 %	2.433	7.397	2.970	4.867	1.379	18.800
	Panamá	162	4,7 %	1.445	185	121	2.469	39	12.000
Sudamérica	Argentina	3.819	13,2 %	2.160	4.668	1.992	3.300	700	18.200
	Bolivia	1.023	20,5 %	181	276	54	570	319	1.200
	Brasil	2.638	23,3 %	624	320	96	3.559	653	2.741
	Chile	2.060	19,4 %	235	192	56	1.155	355	1.157
	Colombia	1.794	28,0 %	160	27	21	932	210	637
	Ecuador	8.441	48,9 %	379	354	338	2.045	1.183	1.811
	Paraguay	4.040	42,1 %	324	459	336	1.720	700	1.760
	Perú	25.948	20,4 %	10.671	6.604	2.165	26.574	2.669	80.390
	Uruguay	2.606	40,3 %	507	311	386	1.790	286	3.275
	Venezuela	1.344	32,2 %	226	462	56	750	185	1.509
Península Ibérica	Andorra	9	11,9 %	19	16	12	1		18
	España	9.130	20,0 %	26.296	18.418	5.241	16.986	4.731	9.310
	Portugal	3.580	35,4 %	3.585	3.182	2.376	1.709	768	1.876
Totales		129.691		43.078	31.479	18.796	189.435	56.587	250.259.220

conjunto de países produce en total 250,8 millones de toneladas de cereales y oleaginosas, de los cuales cuatro países (Brasil, Argentina, México y España) producen el 84 %.

7.1.3. Relación del sector o sistema con el clima y el cambio climático. Tipos de agricultura y conflictos en América Central, Caribe, Sudamérica y la Península Ibérica

7.1.3.1. Descripción y tensiones existentes

Dada la diversidad de situaciones que imperan en los países participantes y según surge de los indicadores que se muestran en la **Tabla 7.1,** no resulta sencillo brindar una caracterización de los tipos de agricultura que se llevan a cabo. Por otra parte, lejos de ser un sector estático, el sector agropecuario ha sufrido fuertes transformaciones desde la segunda mitad del siglo pasado, y probablemente esas transformaciones aún no han finalizado.

En el caso de los países centroamericanos y sudamericanos, existe una tensión creciente entre modelos productivos de tipo empresarial orientados a la exportación de productos con escasa transformación (p. ej., café, soja, cacao, carne vacuna, etc.), y cuya comercialización responde a fuerzas de mercado, y otros modelos que defienden otro tipo de ruralidad, a veces de subsistencia, a veces también con una mayor diversificación de productos, más basada en unidades de producción familiares, la agroecología y en movimientos campesinos, en los cuales la mujer toma un rol importante en el manejo de las fincas (Kay, 2006; Segrelles Serrano, 2007; Grau y Aide, 2008; Schejtman, 2008; Altieri y Nicholls, 2017). Estas tensiones despiertan fuertes controversias de tipo social y político en cuanto a modelos de desarrollo, etnicidad, exclusión social, conflictos urbanos y rurales, traba-

jo rural, etc. En particular, la agricultura de tipo campesina defiende valores, como la seguridad en la tenencia de la tierra y la soberanía alimentaria, sobre la base de conocimientos locales y tradicionales (Mastrangelo *et ál.,* 2014).

La agricultura familiar abastece la mayor parte de los alimentos consumidos por la población de Latinoamérica, representa la mayor captación de mano de obra y permite la seguridad y soberanía alimentaria de las poblaciones (Schejtman, 2008; Nogueira *et ál.,* 2017). Todos estos tipos de producción se encuentran afectados por el cambio climático, a veces favorecidos y otros perjudicados (Rever *et ál.,* 2017).

Entre las tensiones internacionales, los países de Centroamérica y el Caribe y de Sudamérica suelen estar enfrentados en sus mercados domésticos a los productores agropecuarios europeos, debido a que pueden ofrecer sus productos a bajos precios, a la misma vez que los productos agrícolas de ALC enfrentan mayores limitantes para acceder a los mercados europeos debido a la aplicación de nuevas regulaciones en materia ambiental (Villalobos *et ál.,* 2015).

7.1.3.2. Descripción del sector de agricultura y ganadería en la Península Ibérica

En la Península Ibérica se encuentran tres países (Andorra, España y Portugal) con diferencias importantes en cuanto a superficie, población y características del sector agrario. Se considera que la proporción de población rural de España está en descenso, con riesgo de vaciamiento poblacional en algunas regiones. En la Península, la vegetación natural, mayormente de bosque mediterráneo (Walter, 1994), ha sido profundamente transformada por la acción antrópica, hecho que también puede explicarse por la elevada densidad poblacional, sobre todo si se compara con amplios sectores de América del Sur. El área en la actualidad tiene un aprovechamiento básicamente agroganadero, aunque en la región también se presenta la mayor superficie dedicada a la actividad forestal.

En toda la franja costera del Mediterráneo hay una fuerte presencia de la actividad frutícola y vitivinícola, esta, más extendida en el interior (p. ej., La Rioja, Castilla-La Mancha). Se han producido importantes transformaciones en los últimos 30 años a raíz de la política agraria implementada por la Política Agraria Común de la Unión Europea, dando como resultado el abandono de tierras vulnerables, forestación y aumento de producciones intensivas bajo riego y en invernáculo (Fernández Nogueira y Corbelle Rico, 2017). Por otro lado, existen métodos tradicionales de producción agropecuaria, algunos de gran importancia en extensión, como son las dehesas y montados en el oeste peninsular. Estas explotaciones son principalmente ganaderas y tienen el valor de que, cuando se abandonan, su regeneración da lugar a su matorralización y ulterior bosque de quercíneas (Domínguez *et ál.,* 2018).

7.1.4. Revisión de informes previos

La información referida a América Central y Sudamérica surge del Capítulo 27 del 5.° Informe de Cambio Climático de IPCC (Magrin *et ál.,* 2014). Otro antecedente relevante procede de un estudio de la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe (CEPAL) en la región elaborado por la misma autora, que en alguna medida toma información del Informe de Cambio Climático de IPCC (Magrin, 2015). En estos informes ya se alertaba de que, como consecuencia de tendencias significativas en las precipitaciones y las temperaturas observadas en la región y el aumento de eventos extremos (p. ej., sequías e inundaciones), ha habido cambios en los caudales de los principales cursos de agua, afectando a regiones ya de por sí vulnerables. Los cambios de uso del suelo, en especial la deforestación de selvas tropicales, bosques y montes naturales, contribuyeron significativamente a la degradación ambiental, exacerbando los efectos negativos del cambio climático. Esta conversión de ecosistemas naturales generó pérdidas de biodiversidad y fue factor de cambio climático en la región, fundamentalmente por variaciones en los flujos de agua y térmicos entre el suelo y la atmósfera.

Aun cuando ha habido mejoras en las condiciones socioeconómicas de los países de la región en el siglo actual, todavía persisten poblaciones rurales bajo riesgo por los impactos del cambio climático. Se espera que los cambios en la productividad agrícola con consecuencias para la seguridad alimentaria asociados con los cambios en el clima exhiban gran variabilidad espacial, según la cual una gran parte de las planicies de la región podrán ver aumentar su productividad hacia la mitad del siglo por mayores lluvias. En cambio, la disminución de las lluvias puede afectar negativamente a la producción de cultivos en gran parte de América Central, Nordeste de Brasil y la costa del Pacífico.

Dado los presentes problemas de bienestar humano, en muchos países de la región un primer paso hacia la adaptación a los cambios climáticos futuros es reducir la vulnerabilidad al clima actual. Las medidas de adaptación del sector agropecuario difieren según las regiones y los tipos de agricultura. Por ejemplo, en países donde se practica agricultura comercial de grandes extensiones (como Brasil, Argentina y Paraguay), los avances genéticos, un manejo adecuado del suelo, tecnología de acceso y gestión del agua y modelos alternativos de producción pueden inducir un aumento en el rendimiento de algunos cultivos. El manejo y la gestión del agua son críticos en regiones y países en los cuales impera la aridez o donde las predicciones sobre cambio climático proyectan déficits hídricos más frecuentes o intensos (Perú, Chile y Nordeste de Brasil), por ejemplo, a través de sistemas más eficientes de riego o de captación y almacenamiento de agua, o de prácticas conservacionistas que incrementen la eficiencia de uso de agua. Es necesario adecuar los costos de aprovisionamiento de agua. También abrir paso

a la toma de decisiones consensuadas y cambiar algunos esquemas de distribución de agua en distritos de riego según su volumen. En países productores de café (Brasil, Costa Rica, Colombia, Nicaragua y otros), las estrategias de adaptación para el cultivo incluyen la siembra a altas densidades, el suelo con vegetación, programas precisos de riego y reproducción, y el sistema de manejo de sombreado (arborización).

Existen ejemplos importantes de adaptación autónoma en la región, como el desplazamiento de áreas de siembra de cultivos por cambios en el régimen de lluvias operado por los productores en la Argentina, o cambios en las prácticas de cultivo por productores andinos peruanos y bolivianos. Los sistemas de producción orgánica o basados en la agroecología podrían mejorar la capacidad de adaptación como resultado de la aplicación de las habilidades tradicionales y el conocimiento de los agricultores, las técnicas de (re)construcción de la fertilidad del suelo y un alto grado de diversidad.

El conocimiento local e indígena tiene el potencial de brindar soluciones frente a las cambiantes condiciones climáticas, aunque la migración, el cambio climático y la integración del mercado están reduciendo la capacidad autónoma para tratar con el clima y el riesgo climático, no solo por una menor diversificación de cultivos, sino también por pérdida de tradiciones transmitidas a través de las generaciones. Por ejemplo, la diversificación de cultivos que se usa en los Andes peruanos para suprimir explosiones de plagas y amortiguar la transmisión de patógenos.

En lo que respecta a la Península Ibérica, los antecedentes del 5.° Informe de Cambio Climático de IPCC deben buscarse en el Capítulo 23, referido a Europa, poniendo especial atención a todo lo que se refiere al sur de Europa (Kovats *et ál.,* 2014). Se espera que el cambio climático (descenso en precipitaciones, aumento de eventos extremos) limite la actividad económica agropecuaria en el sur de Europa más que en otras subregiones y puede aumentar la disparidad intrarregional futura. Este cambio del clima es probable que genere descensos de rendimientos de cultivos y en la producción lechera, así como cambios en la distribución geográfica de las variedades de uva de vinificación, con reducción del valor de los productos de vino y los medios de vida de las comunidades vitivinícolas locales. La capacidad de adaptación en Europa es alta en comparación con otras regiones del mundo, pero existen diferencias importantes en los impactos y en la capacidad de respuesta entre las subregiones europeas y dentro de ellas.

El Banco Mundial estima que los costos de adaptación en agricultura, recursos hídricos, infraestructura, zonas costeras, salud pública, eventos climáticos extremos y pesca serán inferiores al 0,3 % del PIB de la región de Latinoamérica, es decir, que oscilarán entre los 16.800 y los 21.500 millones de dólares al año hasta 2050 (Banco Mundial, 2010).

7.2. Componentes del riesgo en relación con el sector o sistema

7.2.1. Amenazas

Como fue manifestado en los capítulos regionales del 5.° Informe de Cambio Climático de IPCC, los aumentos de temperatura, en especial las mínimas diarias y la falta de refresco nocturno, serán generalizados en la mayor parte de los países de la RIOCC en escenarios de altas emisiones. En Iberoamérica, se espera que los cambios en la productividad agrícola asociados con los cambios en el clima exhiban gran variabilidad espacial. Una gran parte de las planicies de la región podrán ver aumentar su productividad hacia la mitad del siglo debido a mayores lluvias. En cambio, la disminución de las lluvias puede afectar negativamente a la producción de cultivos en gran parte de América Central, Nordeste de Brasil y costa del Pacífico (Magrin *et ál.,* 2014; Magrin, 2015). En la Península Ibérica, se espera que el cambio climático (aumento de las temperaturas, descenso de precipitaciones, y aumento de eventos extremos como olas de calor, sequías, etc.) limite la actividad económica agropecuaria más que en otras subregiones (Kovats *et ál.,* 2014). Esto resulta en la ocurrencia de riesgos para las producciones de alimentos (**Figura 7.2**). Como se describe allí, las principales amenazas surgen de la ocurrencia de estrés térmicos e hídricos para cultivos y ganado doméstico, pérdidas de cultivos y hacienda por los procesos erosivos, sequías e inundaciones y la mayor diseminación de plagas y enfermedades. No obstante, en algunas regiones se brindan oportunidades por mayores lluvias, cambios en su estacionalidad y por la posibilidad de introducir cultivos con especies megatérmicas o tropicales.

7.2.2. Exposición

El nivel de exposición a las amenazas planteadas es muy variable en función, principalmente, del nivel socioeconómico de la población afectada, la rigidez o flexibilidad relativa con que pueden variar sus sistemas productivos o adoptar nuevas tecnologías, y la posibilidad de asistencia o disponibilidad de dichas tecnologías, como por ejemplo, los sistemas de pronóstico climático o de respuesta anticipada, o el acceso a nuevas variedades resistentes a plagas o estreses. En países con menor desarrollo es clave la fortaleza de los sistemas de asistencia técnica y de extensión.

7.2.3. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante o la incapacidad para



Figura 7.2. Marco conceptual que describe los riesgos, oportunidades y principales medidas de adaptación que pueden implementarse en el sector agropecuario de los países de la RIOCC. Fuente: elaboración propia.

reponerse después de que ha ocurrido un desastre. También puede definirse como el riesgo que una persona, sistema u objeto puede sufrir frente a peligros inminentes, ya sean desastres naturales, desigualdades económicas, políticas, sociales o culturales. Por ejemplo, las personas que producen o viven en la planicie son más vulnerables ante las inundaciones que las que viven en lugares más altos. Según el IPCC (2014), vulnerabilidad se define como el grado al cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos.

Teniendo en cuenta lo expuesto, la vulnerabilidad de las producciones agropecuarias en países de la RIOCC está determinada por los lugares donde se asientan las producciones y la capacidad de variar esos lugares, el acceso a recursos tecnológicos que permitan anticipar respuestas o responder a eventos extremos, como por ejemplo, el acceso al riego o sistemas de pronóstico climático, y finalmente la capacidad económica para afrontar inversiones. No obstante, son las poblaciones rurales pobres las que presentan mayor vulnerabilidad a los impactos de cambio climático por estar en sitios de riesgo (p. ej., laderas de montaña, ambientes anegables, etc.) o por poseer menor capacidad para responder a eventos extremos del clima (p. ej., fuertes tormentas, sequías, incendios, inundaciones, huracanes, etc.). A menudo, y en muchos frentes de avance de la frontera agropecuaria, existen focos de conflicto entre la agricultura empresarial, que responde a fuerzas del mercado, y la agricultura campesina. Estos conflictos derivan, por un lado, en la valorización mercantil de zonas/territorios otrora marginales y, por el otro, por la precariedad en la tenencia de la tierra de las poblaciones campesinas.

Desde el punto de vista de la implementación de políticas, es importante brindar a todos los agricultores información que los ayude a adaptarse al cambio climático, utilizando las prácticas y las tecnologías agrícolas adecuadas. En Chile, un estudio de Roco *et ál.* (2015) mostró la importancia de la educación y el acceso a la información meteorológica para la percepción del cambio climático: los productores más jóvenes, con mayor formación académica, y aquellos que son propietarios de sus tierras tienden a tener una percepción más clara del cambio climático que los agricultores mayores, con bajo nivel de escolarización o arrendatarios. En países productores de café (Brasil, Costa Rica, Colombia, Nicaragua y otros) las estrategias de adaptación para el cultivo incluyen plantaciones de altas densidades, el suelo con vegetación, programas precisos de riego y reproducción, y el sistema de manejo de sombreado (arborización) (Rapidel *et ál.,* 2015).

El rol de la mujer en el ámbito agropecuario es un tema transversal que afecta a todos los tipos de agricultura. Aun cuando tienen un rol principal en las tareas rurales, las mujeres son solo una cuarta parte de los propietarios de la tierra en América Latina (Tafur *et ál.,* 2015a; b). Por ejemplo, en Cuba son responsables de casi la mitad (46 %) de las tareas rurales (Martínez Montenegro y Baeza Leiva, 2017). En los medios donde se desempeñan, el efecto transformador es muy profundo. El hecho de ser empresaria o de trabajar en una actividad muy masculinizada es una transgresión de los estereotipos de género y, por lo tanto, es un factor de cambio porque genera un referente que podrá ser imitado por otras mujeres (Porto Castro *et ál.,* 2015). En algunos países, como es el caso de México, el campo en el sector rural (social-campesino) está predominantemente liderado por mujeres, ya que los jóvenes han emigrado.

7.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

En la **Figura 7.3** se analizan brevemente los principales riesgos del sector agropecuario operados por eventos climáti-

cos (anteriormente ya presentados en la **Figura 7.2**), que a grandes rasgos son los siguientes: estrés térmico en cultivos y animales; estrés hídrico en cultivos y falta de agua para animales; mayor incidencia de plagas y enfermedades; y pérdida de suelos y estructuras por procesos erosivos y de deslizamientos.

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Riesgo de estrés térmico de cultivos y animales por aumentos de temperaturas medias y mínimas diarias (menor enfriamiento nocturno) y olas de calor con inviernos más cortos y cálidos y menor cantidad de días con heladas				
Riesgo de estrés hídrico en cultivos y sed en el ganado: la disminución de las lluvias y los aumentos de días continuados sin lluvias, a lo cual se suma la competencia con otros usos, genera restricciones en la disponibilidad de agua para el riego y para la bebida animal				
Riesgo de pérdida de cultivos y de suelos por erosión e inundaciones: los eventos extremos de tormentas e inundaciones, a menudo asociados también a cambios de uso del suelo, pueden afectar a cultivos y producir pérdidas de suelos por aludes, inundaciones y salinización				
Riesgo de mayor incidencia de plagas y enfermedades. La tropicalización del clima favorece la incidencia de plagas (enfermedades, insectos, malezas), a menudo de difícil control, pues desarrollan mecanismos de resistencia				
Riesgo de agotamiento de agua para regadío por disminución de precipitaciones o nieve				
Riesgo de pérdida de caudales en los ríos de las zonas andinas o de montaña por disminución de precipitaciones líquidas o de nieve, lo que disminuye el caudal de agua por deshielo				

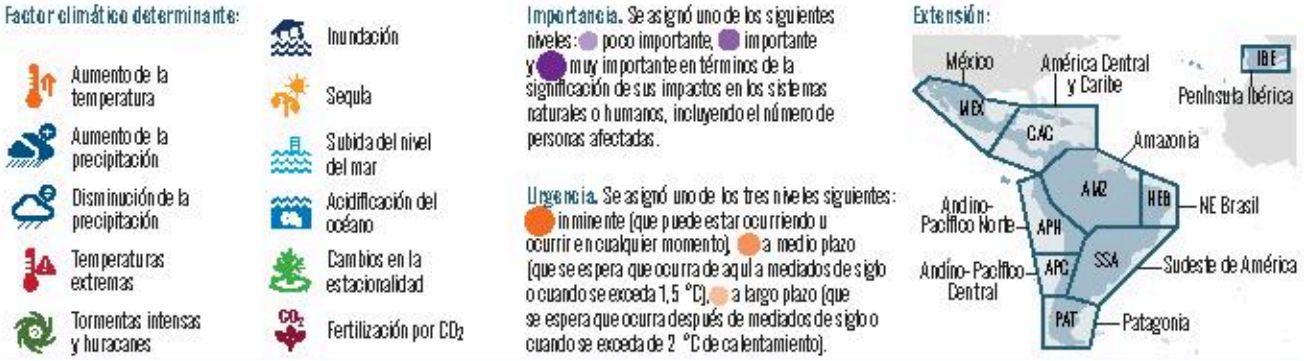


Figura 7.3. Principales riesgos identificados en el ámbito de los recursos agropecuarios. Fuente: elaboración propia.

En las últimas décadas, numerosos desastres naturales relacionados con el impacto de fenómenos naturales han afectado a los países de la RIOCC, lo que demostró la vulnerabilidad de la agricultura local a eventos episódicos extremos. Es cada vez más importante para los agricultores administrar de manera proactiva los riesgos climáticos de la agricultura para poder proteger sus medios de vida. Las razones de estos fracasos pueden atribuirse a la educación y capacitación inadecuadas de los agricultores, a la falta de herramientas para ayudar a facilitar la aplicación práctica de los conceptos de gestión de riesgos, y a la falta de comunicación entre las comunidades ecotécnicas y agrícolas (Shannon y Motha, 2015).

En algunas regiones y países, los problemas se agudizan por la presencia de elevados índices de pobreza y bajo desarrollo socioeconómico. Un claro ejemplo son algunos países del Caribe, los cuales comparten desafíos económicos y de desarrollo sostenible similares: falta de recursos, susceptibilidad a los desastres naturales, excesiva dependencia del comercio internacional y elevada vulnerabilidad al cambio climático. En otras regiones, como en la Amazonia, los estudios sugieren puntos de inflexión que no deben transgredirse: 4 °C del calentamiento global o el 40 % del área deforestada total (Nobre *et ál.,* 2016). El debate sobre el desarrollo regional se ha centrado en intentar conciliar la conservación maximizada con la intensificación de la agricultura tradicional.

Tucker *et ál.* (2010) contrastaron la hipótesis de que las percepciones de riesgo de los agricultores de México y América Central conducen a respuestas adaptativas. La evidencia mostró que la variabilidad del clima se percibe como una amenaza para la producción, pero no la amenaza más importante. En contraste, los choques de precios evidentemente se perciben como particularmente estresantes y, por lo tanto, pueden motivar respuestas adaptativas. Los agricultores que asociaban eventos con alto riesgo no eran más propensos a participar en adaptaciones específicas. Las respuestas adaptativas se asociaron más claramente con el acceso a la tierra que con la percepción del riesgo, lo cual sugiere que la adaptación es más una función de las limitaciones exógenas en la toma de decisiones que la propia percepción. En la zona mediterránea de Chile, un estudio de Roco *et ál.* (2015) halló que los productores más jóvenes, más educados y aquellos que poseen sus tierras tienden a tener una percepción más clara del cambio climático que los agricultores mayores, menos educados o arrendatarios.

Los países de la región bajo estudio desempeñan un papel importante en el suministro mundial de miel. Los impactos del cambio climático son poco conocidos por falta de información sobre las tendencias en las actividades de apicultura y las pérdidas de las colonias de abejas. Las afectaciones de orden directo conllevan respuestas intraespecíficas de las especies de plantas, como la movilidad espacio temporal hacia latitudes más elevadas, e influyen en la dinámica poblacional de las colonias de abejas. Los cambios indirectos incluyen un sentido económico y social por el riesgo de la rentabilidad a consecuencia del incremento en las prácticas de adaptación, desembocando por consiguiente en un posible abandono de la actividad (Castellanos-Potenciano *et ál.,* 2016). En estos países las abejas están expuestas crónicamente a cócteles de productos agroquímicos y simultáneamente a nuevos parásitos que los humanos propagan accidentalmente. Es probable que el cambio climático exacerbe estos problemas en el futuro, pudiendo mitigar parte del estrés en las abejas mejorando los recursos florales y adoptando medidas de cuarentena, y mediante la vigilancia de las poblaciones de abejas (Goulson *et ál.,* 2015). En España el Grupo de Trabajo Ecoflor (2016) ha opinado que las estrategias pasan por usar menos plaguicidas y crear paisajes más heterogéneos, con campos de cultivos más pequeños con más elementos seminaturales entre ellos. Debe fomentarse la proliferación de especies de abejas silvestres que actúen como polinizadoras.

7.4. Medidas de adaptación

7.4.1. Opciones de adaptación

Existe entre los países una alta heterogeneidad de las políticas públicas, concentradas en algunos sectores como agua, biodiversidad, bosques, agricultura, infraestructura y en asentamientos humanos (Sánchez y Reyes, 2015). Siguiendo los criterios establecidos por el IPCC WGIIAR5, Capítulo 14 (Noble *et ál.,* 2014), las acciones de adaptación al cambio climático basadas en la agricultura se presentan en la **Tabla 7.2.** Resulta arduo a veces separar aquellas acciones basadas específicamente en la agricultura de las fundamentadas en el manejo de ecosistemas, por lo que en este caso se hace única referencia a las acciones de ecosistemas manejados. Las acciones pueden clasificarse en tres categorías: a) estructurales o físicas, b) sociales y c) institucionales.

7.4.1.1. Estructurales o físicas

Se identifican aquí tres clases de opciones. Entre las que requieren el uso de ingeniería y cambios en el entorno físico están, por ejemplo, la construcción de sistemas de riego, bombeo de agua, o la construcción de depósitos de agua para que los animales beban o para el riego de cultivos. En segundo lugar, el manejo de ecosistema se refiere al incremento o conservación de corredores biológicos, migración de especies en peligro de extinción, forestación, manejo de tierras protegidas, entre otros. En general, la mayor parte de estas opciones son de tipo orientado o planificadas. Por último, las opciones tecnológicas pueden ser también planificadas, pero muchas de ellas no lo son y se corresponden con la respuesta adaptativa de los mismos agricultores. Se incluye aquí un amplio abanico de tecnologías, tanto de insumos como de procesos, que buscan lograr una mejor gestión de los cultivos, la ganadería y el pastoreo. Entre ellas destacan la adopción de nuevas

Tabla 7.2. Categorías y opciones de acciones de adaptación al cambio climático basadas en la agricultura. Adaptado de Noble *et ál.* (2014).

Categoría	Ejemplos de opciones	
Estructurales/físicas	Ingeniería y construcción del ambiente	Almacenamiento y bombeo de agua; mejora del drenaje.
	Basado en ecosistemas	Aumento de la diversidad biológica; forestación y reforestación; reducción de incendios y quemas prescriptas; arboles de sombreado; migración asistida, corredores biológicos; conservación de banco de semillas; manejo adaptativo de tierras.
	Tecnológicas	Nuevas variedades y tipos de cultivos y animales; técnicas genéticas; métodos y técnicas tradicionales; riego eficiente; tecnologías de ahorro de agua, incluyendo cosecha de agua; tecnologías de mapeo y monitoreo de riesgos.
Sociales	Información	Mapas de riesgo y de vulnerabilidad; sistemas de alerta y respuesta temprana; monitoreo y seguimiento remoto sistemático mediante sensores.
	Comportamiento	Conservación del suelo y el agua; cambio de prácticas de ganadería; cambio de cultivos, sistemas y fechas de siembra; opciones silviculturales.
Institucionales	Económicas	Pago por servicios ecosistémicos; incentivos y desgravaciones.
	Leyes y regulaciones	Leyes de zonificación de tierras; acuerdos y regulaciones sobre el agua; definición de derechos de propiedad y seguridad de tenencia de tierras; áreas protegidas.
	Políticas y prácticas de gobierno	Preparación y planificación de zonas desastres, incluyendo el manejo integrado del recurso hídrico y el manejo de cuencas y del paisaje; manejo adaptativo; manejo basado en ecosistemas; manejo sustentable de bosques; adaptación basada en comunidades.

variedades y tipos de cultivos y animales, incorporación de mejoras genéticas, el desplazamiento de áreas de cultivo, cambios en las fechas de siembra, adopción de germoplasmas adaptados, mejor uso del conocimiento local, nuevos sistemas de cultivo para mejorar la conservación del agua, captura de nitrógeno de la atmósfera, reciclaje de residuos, producciones integradas (silvopastoril-agricultura), sistema agroecológico, incluido el control biológico de plagas, mejora de la eficiencia del uso del agua en áreas de secano y regadío, reutilización de agua de drenaje y fertirriego, exclusión de pastoreo en pastizales, ajuste de la carga animal y distribución de aguadas.

7.4.1.2. Sociales

Se incluyen aquí opciones basadas en la información y en el comportamiento humano. Entre las primeras destacan la generación de mapas de riesgo y vulnerabilidad, sistemas de alerta temprana y respuesta, monitoreo y uso sistemático de sensores remotos. En términos generales, son opciones planificadas u orientadas. Entre las relacionadas con cambios en los patrones de comportamiento, se incluyen las actitudes que fomentan o permiten la adopción de prácticas de conservación del suelo y el agua, mejores prácticas de ganadería y agricultura, cambio en los sistemas de cultivo, áreas y fechas de siembra e incorporación de conocimientos tradicionales de los productores. No es fácil en este caso no relacionar estos cambios con la generación previa de conocimientos tanto científicos como tradicionales.

7.4.1.3. Institucionales

Se incluyen tres tipos de opciones, todas de tipo planificado. Las meramente económicas, como el pago por servicios ecosistémicos o el no pago o descuento de tasas e impuestos. Lo que se refiere a leyes y regulaciones comprende todo tipo de regulación que se promulga a nivel regional, nacional o municipal, estableciendo regulaciones para el uso de las tierras y los derechos de propiedad y tenencia. Finalmente, se incluyen aquí todo tipo de prácticas y políticas de gobierno que regulen o protejan el uso de los recursos de suelos, aguas y vegetación.

Dentro de las opciones de adaptación planificadas, los plazos en que se planean las medidas es un factor esencial. En general, la mayor parte de las medidas de tipo estructural o físico, que requieren la ejecución de obras a largo plazo (p. ej., represas, obras de riego, etc.), se consideran medidas útiles, en cualquier caso. Otras medidas son de tipo flexible, como por ejemplo, las de tipo tecnológico, o requieren la planificación a un plazo más corto de tiempo, como el establecer plantaciones de especies forestales con menor turno de corte (Galindo *et ál.,* 2013).

En Uruguay se está discutiendo participativamente el Plan Ambiental Nacional, liderado por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). Uno de los objetivos de la Dimensión de Actividades Económicas y Productivas Sostenibles para 2030 es ampliar «de manera significativa la producción agropecuaria basada en los elementos de la agroecología», incluyendo líneas de acción e indicadores específicos para esta meta (Ministerio

de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay, 2018).

7.4.2. Acciones de adaptación en el sector agropecuario (por regiones)

En el **Anexo** incluido al final del presente capítulo se revisa la bibliografía sobre acciones de adaptación para el sector agropecuario en la región iberoamericana para el periodo 2013-2018, a modo de ampliación sobre lo ya recopilado por el IPCC en el Capítulo 27 del informe AR5 del grupo de trabajo II (Magrin *et ál.,* 2014). Se ha considerado un total de 77 trabajos, de los cuales el 37,7 % perteneció a Centroamérica y Caribe, el 48 % a Sudamérica y el 3,9 % a la Península Ibérica (el 10,4 % restante no se refería a ninguna región en particular).

La **Figura 7.4** muestra, a modo de síntesis, un análisis de la frecuencia de los distintos tipos de medidas revisadas en el citado **Anexo** y su frecuencia por tipos. De los 20 tipos de medidas identificadas, 9 de ellas son de tipo planificado (en la figura, barras rojas), mientras que las restantes (en la figura, barras azules) son o bien autónomas, o bien mixtas (autónomas/planificadas). Esto último es porque requieren la intervención de algún organismo estatal, como es un servicio de extensión. De entre todas ellas, 5 de las prácticas aglutinaron la mitad de los casos identificados entre todos los países: el manejo de cultivos y ganado (13,4 %); el manejo y/o racionamiento del agua de riego (10,2 %); la adopción de nuevas variedades de cultivo o tipos de animales (9,7 %); la adopción de sistemas integrados de diverso tipo, como silvopastoriles, agroforestales y agroganaderos (8,1 %), y la prevención de desastres naturales, como las inundaciones o los deslizamientos de laderas de montañas (7 %).



Figura 7.4. Frecuencia de los distintos tipos de medidas observadas entre las acciones revisadas para el periodo 2013-2018 en el Anexo del presente capítulo. Las barras rojas representan medidas de tipo planificado y las azules, medidas de tipo autónomo o mixto (autónomas/planificadas). El total de las frecuencias representadas suma el 100 % de los casos considerados (n = 77). Fuente: elaboración propia.

En la **Figura 7.5** se presenta, a modo de ejemplo, una selección de acciones concretas de adaptación implementadas en la región.

7.4.3. Actividades de adaptación planificada

En la región de México, Centroamérica y Caribe existe una elevada proporción de población rural con demandas insatisfechas (ver **Tabla 7.1**). Esta población suele ocupar territorios que o bien tienen una topografía montañosa bajo climas tropicales y subtropicales, o bien se caracterizan por su aridez, con producciones que van desde la subsistencia a las de tipo empresarial, como la caficultura y el cultivo de frutos (p. ej., banana) a gran escala. Esta combinación de factores determina una marcada vulnerabilidad de la población rural, en especial del campesinado, a los impactos de cambio climático. Las respuestas adaptativas planificadas en la región son variadas y van desde las basadas en ingeniería y construcción del ambiente y tecnológicas a las institucionales planificadas. La mayor frecuencia de eventos extremos, como huracanes y fuertes tormentas, motivó la necesidad de tomar medidas protectoras, como la construcción de represas de contención de deslizamientos y prevención de erosión y aludes por

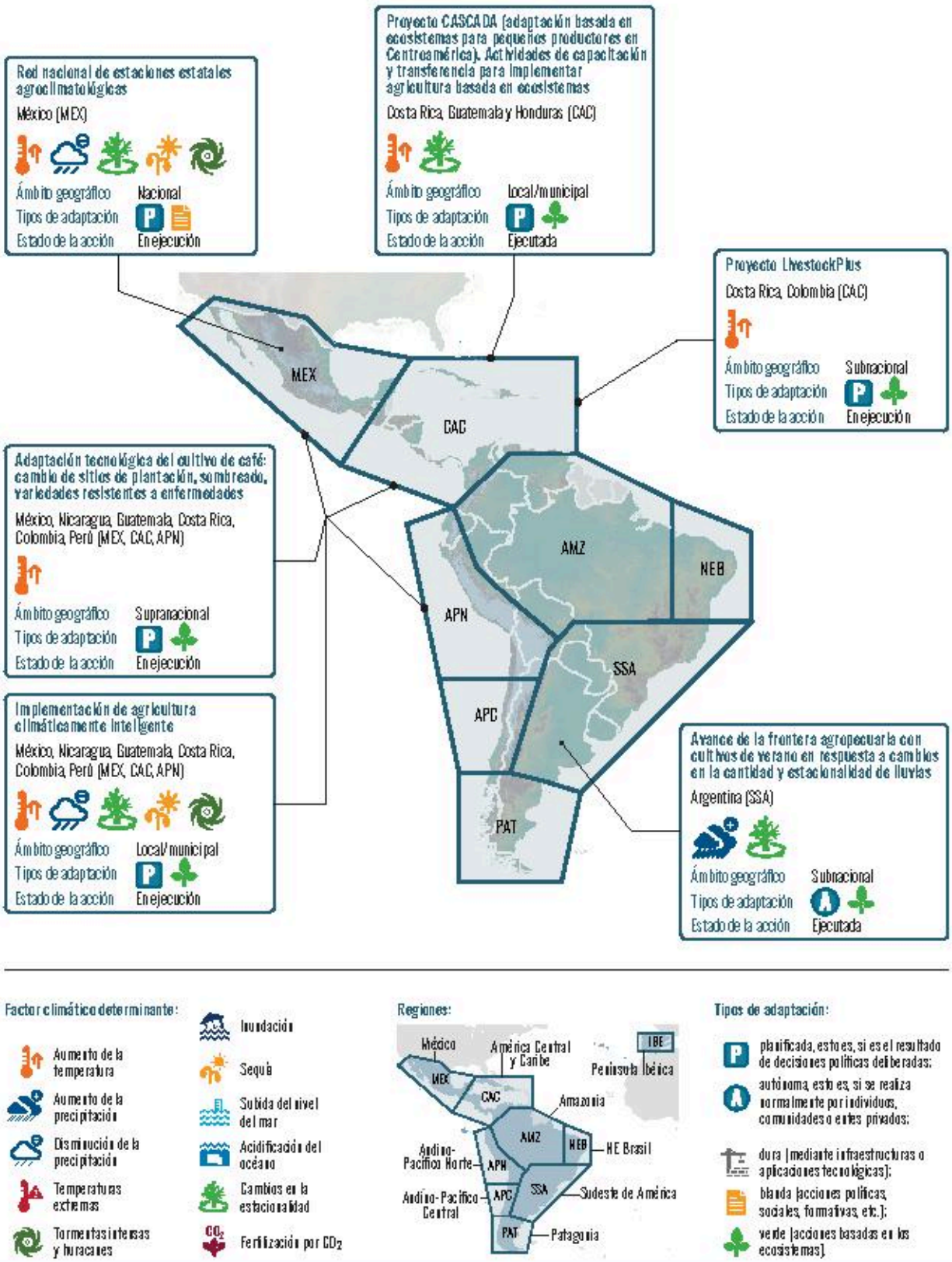


Figura 7.5. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito de los recursos agropecuarios. Fuente: elaboración propia.

deslizamientos, la restauración de ecosistemas y mejoras en la captación del agua (The World Bank *et ál.,* 2014).

Las acciones de tipo tecnológico se basan en las mejoras de los sistemas de información y alerta climática para uso de los agricultores (Bouroncle *et ál.,* 2015) y en diversas acciones que procuran incrementar la diversificación y la biodiversidad como forma de mejorar la resiliencia ante los estreses climáticos (Alencastro, 2014; Bouroncle *et ál.,* 2015c; Altieri y Nicholls, 2017). En varios países de la región se ha implementado en los últimos años la denominada agricultura climáticamente inteligente (ACI) (FAO, 2017). La ACI se basa en tres pilares fundamentales: incrementar de forma sostenible la productividad y los ingresos agrícolas, adaptar y desarrollar la resiliencia al cambio climático, y reducir o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero donde sea posible. Entre las acciones más promovidas en la región están los sistemas agroforestales y los silvopastoriles, que buscan aumentar la diversificación y resiliencia dentro de la ACI (Magrin, 2015; Montagnini, 2015). Las acciones de ACI basadas en sistemas agroforestales para sombreado han sido adoptadas en varios países de la región y de Sudamérica (The World Bank *et ál.,* 2014; Bouroncle *et ál.,* 2015).

El continente sudamericano posee una de las dos principales reservas forestales del planeta, la Amazonia, el cual ha venido sufriendo una fuerte deforestación hasta inicios de este siglo. Brasil es el país que posee la mayor parte de esta reserva; en la última década, ha aprobado leyes que regulan la deforestación con resultados exitosos (Barretto *et ál.,* 2013; Lapola *et ál.,* 2013), aunque los incendios de 2019 indican que podemos estar ante un cambio de paradigma. Como alternativas de manejo, se promueven desde los Estados los manejos integrados con selva o con agricultura (Lemaire *et ál.,* 2014; Salton *et ál.,* 2014), con mayor diversificación de cultivos y recurso forrajeros (Franchini *et ál.,* 2007; Barros Soares *et ál.,* 2009b; Lapola *et ál.,* 2013). Esta diversificación también es promovida por países como Colombia, con el proyecto LivestockPlus, de intensificación sostenida en los trópicos basada en forrajes mejorados (Murgueitio *et ál.,* 2013), o en la Argentina con el Plan Nacional de Manejo de Bosques con Ganadería Integrada (MBGI), que posibilita compatibilizar la producción y conservación con la gente que vive en las zonas de bosque (Borrás *et ál.,* 2017).

Los sistemas de alerta temprana climática se encuentran entre las medidas de tipo planificado más usuales como forma de generar acciones precautorias contra eventos climáticos extremos, como granizadas, heladas tempranas o tardías, olas de calor o sequías prolongadas. A modo de ejemplo, actualmente en Colombia, gremios como la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) y la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce) tienen equipos de agrometeorología y generan información agroclimática para sus productores con el soporte del servicio meteorológico colombiano (IDEAM) y científicos del CIAT. Por su parte, Honduras ha establecido siete Mesas Agroclimáticas (SAG, 2020) en todo el país, promovidas por la Secretaría de Agricultura y Ganadería con el apoyo del servicio meteorológico del país (COPECO) e instituciones regionales, en las cuales se generan Boletines Agroclimáticos (SAG, 2017) con recomendaciones agrícolas sostenibles y adaptadas al clima que contribuyen a la reducción de los riesgos asociados al clima. Hoy, alrededor de 330.000 agricultores se benefician de esta iniciativa en Honduras y Colombia, que nació a través de un intercambio sur-sur con Senegal (CCAFS, 2016). Estas iniciativas indican una tendencia de la región a moverse hacia la resiliencia climática en lugar de responder solo a emergencias cuando los eventos extremos ocurren (Loboguerrero y Martinez-Baron, 2017).

El Programa Pro-Alcohol de Brasil promueve el uso de biomasa de caña de azúcar para producir etanol (Boddey *et ál.,* 2008; Barros Soares *et ál.,* 2009a; Nasar y Moreira, 2013). Se trata no tanto de una acción de adaptación al cambio climático como de mitigación por reducción de la quema de fuentes de energía fósil. Se ha generado controversia en cuanto al impacto sobre la biodiversidad debido al riesgo de invadir la Amazonia con producción de caña con el fin de producir alcohol y de contaminación por el destino de efluentes tóxicos de la industria, como la vinaza. Estas amenazas han sido minimizadas o descartadas por Boddey *et ál.* (2008). Barros Soares *et ál.* (2009a) refieren lagunas de conocimiento en cuanto a la forma de calcular los inventarios de emisiones para producir alcohol de caña.

Las opciones de adaptación al cambio climático involucran a un conjunto de actores de distintas órbitas (p. ej., gobierno, empresas, ONG, agricultores, etc.), pudiendo diferenciarse por su tipo de implementación. Las de tipo planificado son típicamente de arriba abajo, y su grado de éxito o efectividad depende fuertemente del grado de involucramiento y relacionamiento de todos los actores, las posibilidades de financiamiento nacional o internacional, y la adopción de prácticas facilitada por servicios de extensión. Por ejemplo, para la región de los Andes tropicales, Huggel *et ál.* (2015) listaron un conjunto de proyectos de adaptación al cambio climático en funcionamiento, de los cuales cuatro hacen explícita referencia al sector agropecuario: a) Adaptación al Impacto del Rápido Retroceso Glaciar en los Andes Tropicales (PRAA por sus siglas en inglés), que tuvo lugar entre 2008 y 2014 con la participación de Bolivia, Ecuador, Perú y Colombia, y cuyo objetivo fue contribuir a fortalecer la resiliencia de los ecosistemas locales y las economías en las regiones con retroceso de glaciares en los Andes tropicales a través de la implementación de actividades de adaptación especial; b) Programa de Adaptación al Cambio Climático de Perú (PACC), que tuvo lugar entre 2008 y 2012, con la participación de Perú con las regiones de Cuzco y Apurimac, y cuyos objetivos fueron comprender las vulnerabilidades relacionadas con el cambio climático y desarrollar herramientas y capacidades para abordar los impactos climáticos; c) Glaciares (Adaptación al Cambio Climático y Reducción del Riesgo de Desastres debido a la Deglaciación de las Cordilleras de los Andes, Perú), que tuvo lugar entre 2011 y 2015 en las regiones de Cuzco y Ancash, de Perú, y cuyo objetivo fue mejorar las capacidades de adaptación a la retirada de glaciares en dicho país, incluidas las capacidades institucionales, técni-

cas y de investigación, y d) Integrated National Adaptation Project, Colombia (INAP), que tuvo lugar entre 2006 y 2011 en Colombia con el objetivo de apoyar los esfuerzos para completar y aplicar medidas concretas de adaptación y políticas para evaluar los impactos anticipados del cambio climático en los ecosistemas de alta montaña y las islas del Caribe. En Colombia existen acciones para promover el acceso de todos los agricultores a las herramientas TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) para lograr una agricultura resiliente al clima o climáticamente inteligente. Se considera que la falta de infraestructura y cobertura de redes sigue siendo un obstáculo, así como, en algunos casos, lo son las limitaciones económicas para adquirir los dispositivos (Loboguerrero y Martinez-Baron, 2017).

En Uruguay, en materia de formulación e implementación de políticas, en noviembre de 2017, el Poder Ejecutivo aprobó la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y la Primera Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC), siendo la NDC el instrumento de implementación de la PNCC. La PNCC de Uruguay es un instrumento estratégico y programático, con horizonte en 2050, que busca incorporar el enfoque de cambio climático en todos los ámbitos y sectores de la economía y la sociedad, promoviendo un desarrollo sostenible para el país, haciéndolo más resiliente y con bajo consumo de carbono. En la dimensión productiva relativa a esta política, hay líneas de acción tendentes a promover sistemas de producción agropecuaria con mayor capacidad de adaptación y resiliencia al cambio y la variabilidad climática a los efectos de mejorar la productividad y la competitividad de las cadenas de valor, contemplando los servicios ecosistémicos, la equidad social y la seguridad alimentaria (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay, 2018).

También en Uruguay se está implementando el Proyecto GEF Ganadería clima inteligente y restauración en pastizales uruguayos, cuyo objetivo es mitigar el cambio climático y restaurar tierras degradadas a través de la promoción de prácticas climáticamente inteligentes en el sector ganadero, con énfasis en la producción familiar. Este proyecto involucra el desarrollo y la validación de una estrategia de ganadería con menos emisiones netas de gases de efecto invernadero que las actuales, más resiliente y eficiente, y su promoción en pequeños y medianos establecimientos ganaderos basados en pastizales naturales (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca del Uruguay, 2018; Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente del Uruguay, 2018). Este proyecto se alinea con medidas específicas de mitigación y adaptación incluidas en la primera NDC de Uruguay y se enmarca dentro de las líneas de acción de la Política Nacional de Cambio Climático.

En Argentina, una respuesta de tipo planificado para hacer frente a la amenaza de la desaparición de bosques por deforestación fue el ordenamiento planificado del territorio que propuso la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (p. ej., Ley de Bosques), sancionada en 2007 y reglamentada en febrero de 2009 tras el reclamo que hicieron más de 70 organizaciones sociales (García Collazo *et ál.,* 2013; Lapola *et ál.,* 2013; Graesser *et ál.,* 2015). La Ley de Bosques establece que las provincias deberán realizar el ordenamiento territorial de sus bosques nativos (OTBN) a través de un proceso participativo que categorice los usos posibles para las tierras boscosas desde la conservación hasta la posibilidad de transformación para la agricultura, pasando por el uso sustentable del bosque. Así, se zonifican los bosques en tres categorías:

- Categoría I (rojo): sectores de muy alto valor de conservación que no deben desmontarse ni utilizarse para la extracción de madera, y que deben mantenerse como bosque para siempre. Incluirá las reservas naturales y sus áreas circundantes que tengan valores biológicos sobresalientes o sitios que protejan cuencas hídricas de importancia (nacientes de ríos y arroyos).
- Categoría II (amarillo): sectores de alto o medio valor de conservación, que pueden estar degradados, pero que si se los restaura, pueden tener un valor alto de conservación. Estas áreas no pueden desmontarse, pero podrán ser sometidas a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica.
- Categoría III (verde): sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad, con la previa realización de una evaluación de impacto ambiental.

La situación en la Península Ibérica con España y Portugal está reglada por su pertenencia a la Unión Europea. Ambos países mantienen una pequeña proporción de población rural, con bajos o nulos niveles de pobreza (ver **Tabla 7.1**). La Unión Europea sostiene una Política Agrícola Común (PAC) por la que pretende conseguir que la actividad del sector agrario esté cada vez más enfocada hacia el mercado y, de forma simultánea, que proporcione alimentos de calidad, coadyuve a la conservación del medio ambiente y mantenga comunidades rurales viables (Sánchez, 2015; Comisión Europea, 2016).

La PAC ha ido evolucionando a lo largo de los años reforzando todas las consideraciones medioambientales, incluyendo la lucha contra el cambio climático. Para el periodo 2014-2020, la PAC incluye entre sus principales objetivos «la gestión sostenible de los recursos naturales y acción por el clima, con especial atención a las emisiones de gases de efecto invernadero, la biodiversidad, el suelo y el agua», y en la normativa en fase de negociación para el próximo periodo de aplicación (2021-2027) la lucha contra el cambio climático queda más reforzada, reflejándose en los objetivos generales y específicos de la misma tanto la mitigación como la adaptación. Por otro lado, las políticas de adaptación al cambio climático no emanan solo de la PAC, sino también del marco internacional (CMNUCC y Acuerdo de París) y del marco europeo a través de otras normativas sectoriales o de la Estrategia Europea de Adaptación, la cual, entre otras cuestiones, hace referencia a la necesidad de integrar la adaptación al cambio climático en todos los sectores, en

particular, en aquellos más vulnerables, como es el caso del sector agrario (European Union, 2018).

En España, AdapteCCa es la plataforma de intercambio y consulta de información en materia de adaptación al cambio climático, y está impulsada por la Oficina Española de Cambio Climático. Se trata de una herramienta al servicio de todos aquellos expertos, organizaciones, instituciones y agentes interesados en acceder e intercambiar información, conocimientos y experiencias sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, además de ser un instrumento para potenciar la comunicación entre todos ellos. En la actualidad, esta plataforma aglutina numerosa información, incluyendo publicaciones, noticias, seminarios, etc., sobre los distintos sectores y áreas afectados por el cambio climático. Entre otros, se incluye información sectorial y regional sobre evaluación de impactos y vulnerabilidad, costos y beneficios de la adaptación, clima y escenarios de cambio climático.

En el caso de Andorra, se aplican ya medidas institucionales y reglamentarias para fomentar las prácticas agrícolas tradicionales respetuosas con el medio natural, fomentar la incorporación de jóvenes agricultores e implementar mejoras técnicosanitarias. Estas medidas se desarrollan mediante una serie de reglamentos, como por ejemplo, el reglamento de ayudas al fomento de prácticas ganaderas tradicionales de montaña, la siega de los prados y la producción de productos de calidad controlada; o el reglamento de ayuda al fomento de prácticas agrarias específicas para el mantenimiento del medio natural.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) de España propone, entre otras cosas, analizar los escenarios climáticos regionales para la geografía española, desarrollar y aplicar métodos y herramientas para evaluar los impactos, vulnerabilidad y adaptación y lucha contra el cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos. Por otra parte, las Comunidades Autónomas han desarrollado y mantienen sus propios marcos estratégicos, planes o programas en materia de adaptación al cambio climático (Gobierno de España, 2017). En cuanto a la última reforma de la PAC, se ha establecido, dentro de las ayudas directas, el pago «verde» como complemento al pago básico, incluyendo una serie de prácticas a respetar, encaminadas a hacer más sostenible la producción agraria. También la implementación de seguros agrarios es una medida muy eficaz de adaptación al cambio climático. Los programas de desarrollo rural de las Comunidades Autónomas pueden ser una vía muy eficaz para integrar el cambio climático en el sector agrario (Medina Martín, 2016).

El Proyecto Life SHARA es coordinado por la Fundación Biodiversidad, del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, de España, y está cofinanciado a través del programa LIFE, instrumento financiero de la Unión Europea para el medio ambiente, y cuenta como socios con la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el Organismo Autónomo de Parques Nacionales a través del Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM) y con la Agencia portuguesa para el Medio Ambiente (Fundación Biodiversidad, 2017). La OECC, por su parte, promueve la generación de datos, herramientas e información relevantes para el desarrollo de cada evaluación de impactos y facilitar procesos participativos. Una de las medidas tomadas es la gestión de los recursos hídricos transfronterizos.

En lo que respecta a la ganadería de carne y de leche de la cornisa cantábrica, la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP, 2015) propone la producción de pastos producidos en la explotación, de forma económica, con alto valor nutricional y eficientemente utilizados en la alimentación del ganado.

Según Solaun (2014), hasta el momento, las principales actuaciones del sector privado frente al cambio climático han estado enfocadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que la incorporación del sector privado en el Plan Nacional de Adaptación es un objetivo prioritario para el futuro.

7.4.4. Actividades de adaptación autónoma

Las estrategias de adaptación a este nivel difieren marcadamente entre zonas y países, y, a menudo, no requieren la participación o planificación de los Estados en distintos niveles. Por su propia índole, son de naturaleza variada, pero predominan las medidas de adaptación de tipo tecnológico, tomadas a nivel no solo individual, sino también comunitario. Los ejemplos más frecuentes incluyen cambios de las zonas de siembra, adopción de variedades resistentes a plagas o a la sequía, germoplasmas o tipos de animales nativos y uso de sistemas de captación de agua o de riego.

El café, uno de los productos agrícolas más exportados en el mundo, se produce principalmente en sistemas agroforestales que cubren 2 millones de hectáreas en América Latina. La producción de café se ve amenazada por el cambio climático (días menos frescos) y el avance de enfermedades como la roya en Colombia, Perú y Brasil. Después de la volatilidad de los precios, el clima es el segundo motivo por el cual los productores de café de América Central han tomado distintas acciones. Las duras experiencias de eventos climáticos extremos, como el huracán Mitch en Guatemala y Honduras (1998), la tormenta tropical Stan en Guatemala y México (2005), el huracán Alma en Costa Rica (2008) y, muy recientemente, la tormenta Agatha en Honduras y Guatemala (2010) han cambiado la percepción de las personas acerca de la importancia que tienen los cambios en el clima y la variabilidad climática en la producción del café. Estos cambios del clima se perciben como algo totalmente fuera del alcance y control del ser humano, a diferencia del tema de precios y plagas, que son asuntos que se consideran muy preocupantes, pero para los cuales se pueden encarar acciones.

En el Proyecto Cambios Globales y Café (FAO, 2020), se señala que, para enfrentar estos retos productivos, los productores de café han desarrollado distintas estrategias en el

corto o largo plazo. Sin embargo, algunas han tenido mejores resultados que otras y son a menudo las más recomendadas por los mismos productores para poner en práctica. Entre las estrategias mayoritariamente adoptadas, destacan la diversificación de actividades económicas, el cambio de prácticas agrícolas, la organización social, el manejo de la sombra del cafetal, el cambio de variedades de café, la reducción de gastos domésticos y más dependencia del trabajo en familia, y la migración de uno o varios miembros de la familia en busca de mejores oportunidades laborales. La elección de una u otra estrategia depende de la actitud de los agricultores frente al riesgo, según sean adversos al riesgo, tomadores de riesgo, riesgo neutrales y evasores del riesgo. Se promueven las acciones de adaptación basadas en la CSA, la adopción de nuevas variedades y zonas de cultivo (Avelino *et ál.,* 2015; Martínez Valle, 2016).

La diversificación fue otra respuesta adoptada por caficultores de Veracruz, México, quienes alternan con plantaciones de aguacate. Las plantaciones de café son más frecuentes bajo sombra de árboles de servicio, que dan una mayor resiliencia a las plantaciones frente a perturbaciones climáticas o económicas. Los árboles de sombra protegen al cafeto contra extremos climáticos, pero también incrementan el consumo de agua de la plantación. La sombra permite generalmente mejorar la calidad del café, aunque este efecto depende del lugar y es objeto de debate. Y aunque los árboles de sombra generalmente permiten mejorar la fertilidad del suelo de las plantaciones, también tienen efectos contradictorios sobre plagas, enfermedades y sus agentes de control biológico (Rapidel *et ál.,* 2015).

En una escala más de tipo municipal, existe consciencia en muchos países de encarar diversas acciones de tipo social a nivel comunitario. Algunas se relacionan con la generación de sistemas de alerta temprana para contrarrestar impactos de eventos extremos, para lo cual deben fortalecerse el acceso a estos sistemas de alerta por los pobladores rurales y su utilización, la organización social y las acciones colectivas, reconocidas como demandas a los gobiernos por los pobladores (Vignola *et ál.,* 2013; Rogé *et ál.,* 2014). Otras acciones se relacionan con la toma de decisiones de tipo cultural, como la implementación de planes de conservación de suelos y aguas, y cambios de fechas de siembra o de áreas de cultivo. Existen ejemplos concretos, como el desplazamiento de áreas de cultivo de café hacia mayores altitudes y latitudes, causado por el aumento de temperaturas mínimas diarias (Bouroncle *et ál.,* 2014; Clavel *et ál.,* 2016).

Con respecto a la ganadería, las opciones tecnológicas de adaptación van desde mejorar la calidad del forraje, con variedades adaptadas a sequía y razas de ganado de mayor rusticidad en países con ganadería en pastoreo, como Nicaragua, Costa Rica y México (Rodas Trejo *et ál.,* 2014; Clavel *et ál.,* 2016; Serna *et ál.,* 2017), a mejoras en instalaciones para animales y captación de agua en Cuba (Álvarez, 2014).

La agricultura andina está amenazada fundamentalmente por una menor disponibilidad de agua, sea por menos lluvias o por retroceso glaciar y menos agua de deshielo debido al calentamiento, además de la tropicalización y migración de los cultivos, debido al incremento y variabilidad de la temperatura, que cambia el comportamiento de los cultivos y requiere de nuevas labores en el campo. Las principales respuestas adaptativas pasan por fortalecer mecanismos de gobernanza y resiliencia (Huggel *et ál.,* 2015) y mejorar la gobernanza del agua por acciones de tipo social o institucional, como en Chile (Delgado *et ál.,* 2015) o Perú (Torres Guevara, 2015). En este tipo de agricultura, la diversificación se basa en la siembra a diferentes altitudes, como en el caso del Altiplano boliviano (Boillat y Berkes, 2013). En este tipo de agricultura tienen fuerte presencia las acciones que promueven el uso de los saberes tradicionales, o ancestrales, fundamentalmente la impronta histórica y actual de la agricultura incaica (aunque no sea la única), que prevaleció en toda la zona andina hasta los actuales territorios de Perú, Bolivia, Argentina y Chile (Boillat y Berkes, 2013; Nicholls *et ál.,* 2015; Torres Guevara, 2015).

La intensificación de la agricultura y el abandono de tierras vulnerables son prácticas recomendadas en áreas de montaña, desiertos y suelos poco fértiles como forma de minimizar la degradación de las tierras (Grau y Aide, 2008). Algo similar sucede en selvas tropicales (Weindl *et ál.,* 2015). No obstante, en Brasil se afirma que los productores acceden a intensificar sus producciones solo cuando no existe ya disponibilidad de tierras para avanzar con la agricultura (Barretto *et ál.,* 2013). Se promueve la agricultura agroecológica, basada en diversificar cultivos, mantener la diversidad genética local, integrar la cría de animales, adicionar materia orgánica al suelo, cosechar agua y aumentar la resiliencia por redes agroecológicas campesino-campesino (Nicholls *et ál.,* 2015).

Como ya fue mencionado, la agricultura empresarial basada en fuerzas del mercado genera un sinnúmero de respuestas adaptativas de tipo autónomo. Un ejemplo muy elocuente son los avances de la frontera agropecuaria ocurridos en Brasil y Argentina por diferentes causas (ver **caso de estudio 7.7.1.** en conjunto con cambios en la fecha de siembra, como es el caso de la adopción de maíz tardío en la Argentina para evadir la sequía estival durante la floración y llenado de grano (Arvor *et ál.,* 2014; Graesser *et ál.,* 2015; Magrin, 2015; Gambín *et ál.,* 2016; Andrade *et ál.,* 2017). La adopción de la tecnología de manejo de suelos con siembra directa contribuyó a un trabajo en escala económicamente rentable y a poder sembrar cultivos como maíz y soja en suelos menos fértiles o en áreas climáticamente más vulnerables (Álvarez *et ál.,* 2009). Esto ha dado lugar a una mayor resiliencia de las producciones ante la variabilidad del clima, aunque no necesariamente contribuye a una efectiva mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (Powlson *et ál.,* 2014; de Moraes Sá *et ál.,* 2017).

La agricultura de tipo empresarial provoca a menudo consecuencias no queridas, como la baja intensificación y falta de rotación de los cultivos, lo cual genera escasa resiliencia ante la variabilidad del clima, desequilibrios biológicos, generación de nuevas plagas y enfermedades o resistencia de las mismas, y desequilibrios hidrológicos importantes

(Giménez *et ál.,* 2016; Salazar *et ál.,* 2016; Houspanossian *et ál.,* 2017). Se manifestaron respuestas autónomas indeseables, como por ejemplo, la construcción no planificada de canales de desagüe, métodos de riego no adecuados en diferentes zonas o el uso tampoco planificado de aguas de riego (Taboada y Damiano, 2017). Otra consecuencia no buscada fue la contaminación de cursos de agua por uso indiscriminado de agroquímicos (Grau *et ál.,* 2005; Bolliger *et ál.,* 2006; Derpsch *et ál.,* 2010; Andrade *et ál.,* 2017).

En la Península Ibérica su sector agropecuario enfrenta escenarios futuros de olas de calor, aumentos de temperaturas mínimas diarias (falta de frescor nocturno), menores lluvias y eventos extremos de tormentas. Este escenario afecta, en especial, a la producción de viñedos y de uvas para vino, habiéndose ya detectado cambios en la maduración de las uvas (Gobierno de España, 2012; Solaun *et ál.,* 2014; Sánchez, 2015). Sánchez (2015) identifica diferentes regiones geográficas en función de escenarios de riesgo climático para los viñedos en España, y propone estrategias de adaptación de corto, mediano y largo plazo, que van desde medidas simples, como cambiar el manejo de los suelos con coberturas verdes y de paja y la conducción de los viñedos en sistema de vasos, a medidas más complejas y onerosas, como el traslado de zonas de vid a mayores altitudes o el cambio de variedades.

Distintas regiones del continente americano y el Caribe han tenido una expansión agrícola sostenida en lo que va del siglo XXI (Graesser *et ál.,* 2015), a menudo basada en deforestación de bosques secos y de montaña (Armenteras y Rodríguez Eraso, 2014). Dicha expansión ha estado basada mayormente en la conjunción de fuerzas del mercado y la variabilidad favorable del clima, como por ejemplo, mayores lluvias en amplias llanuras templadas y subtropicales del Sur de Sudamérica (SSA) y en partes de la Amazonia (AMZ) (Viglizzo y Jobbagy, 2010). Esta transformación contemporánea de la agricultura y la producción de alimentos ha sido asociada a la tríada alimento-forraje-combustible; esto es, la convergencia de la producción de alimento humano y animal con la generación de bioenergía. Según describe Gorenstein (2016), «la región exporta más de lo que importa y, en conjunto, el subcontinente representa un 13 % del comercio mundial de productos agrícolas, con una tasa de crecimiento del 8 % anual en los últimos 20 años».

La región del Sudeste de Sudamérica es una proveedora importante de la soja que sirve como insumo para la producción de carne, y se han expandido otros de los denominados cultivos flexibles o comodines —maíz, caña de azúcar y palma— con fines alimentarios, pero también utilizables como forraje o biocombustible. En este contexto, se observan tres tendencias simultáneas: la entrada en el juego de nuevas firmas líderes mundiales, la expansión de las existentes y el accionar creciente de las empresas translatinas (Gorenstein, 2016). Sin embargo, varios autores han señalado un detenimiento y desaceleración de esta expansión agrícola, principalmente por la falta de nuevas tierras productivas con suelos fértiles o disponibilidad de agua, tal como fue señalado para el Estado brasileño de Mato Grosso (Spera *et ál.,* 2014; Golnow y Lakes, 2015) o la región chaco-pampeana argentina (Andrade *et ál.,* 2017).

Los procesos de apropiación de tierras constituyen un factor que no debe soslayarse en muchos países de América del Sur y Central, ya que afecta a poblaciones rurales de bajos recursos que ven limitado su acceso a recursos estratégicos (financieros, tecnológicos, gerenciales) que convergen en un proceso más inclusivo de acumulación de capital (Gras y Cáceres, 2017). En los últimos años, el acaparamiento de tierras se ha generalizado en América Latina, siguiendo tendencias similares en África, debido a la rica dotación de recursos naturales de la región y políticas de mercado impulsadas o favorecidas por los gobiernos (Costantino, 2014). Otro factor de competencia en el uso del suelo son los biocombustibles, que amenazan la seguridad alimentaria en muchas regiones de América Central y del Sur, donde ocasionan cambios de uso del suelo e impactos negativos en servicios ambientales (Miyake *et ál.,* 2012). En el Chocó colombiano se ha concluido que los beneficios fiscales que recibe el Estado por los agrocombustibles basados en aceite de palma no corresponden con los costos de oportunidad que paga la sociedad en inversión social y deterioro ambiental (Peneda-Murillo, 2012; Avila-Díaz y Carvajal-Escobar, 2015).

La población rural de México, Centroamérica y Caribe, Amazonia, Nordeste brasileño y de la región andino-pacífica al oeste de Latinoamérica pertenece en gran parte al campesinado. Según Kay (2006), la mayoría de los campesinos de esas regiones son pequeños productores que dependen de la mano de obra familiar. El campesinado tiene acceso a la tierra a través de una variedad de medios tales como la propiedad, pertenencia a una comunidad campesina, aparcería y otras formas de alquiler, la posesión o la ocupación. Sin embargo, como ya se mencionó, en muchos casos la tenencia de la tierra por parte de estos sujetos es precaria, por lo que están expuestos a los desalojos. La denominada agricultura campesina dista de ser homogénea, pero por las características de nivel socioeconómico de las poblaciones afectadas está sujeta a mayor riesgo climático y requiere mayor nivel de atención por los Estados a distintos niveles. Puede distinguirse en la región una agricultura andina o de montaña, en ambientes que van desde los tropicales a los desérticos (p. ej., la puna), una agricultura de tipo más trashumante basada en la quema, focalizada en selvas y bosques tropicales y subtropicales, y, finalmente, una agricultura periurbana en torno a los principales centros poblados de la región. Una gran diferencia respecto a otros tipos de modelos de producción agrícola es que los adoptantes son población rural propensa a aplicar acciones basadas en prácticas ancestrales.

Existe un rol relevante del continente americano en el desarrollo de la agricultura a partir de los centros de origen en Mesoamérica y la región andinoamazónica, que poseen una enorme riqueza de agrobiodiversidad y de conocimientos ancestrales. Muchas de estas poblaciones precolombinas

son descritas en dos obras editadas por Adams y Mac Leod (2000) y Salomon y Schwarts (1999) para Mesoamérica y Sudamérica, respectivamente. Estas poblaciones han dejado un registro de tecnologías usadas para la producción de alimentos y fibras, y formas de supervivencia (Herrera y Ali, 2009; Herrera Wasilowsky, 2011; Cuvi, 2018). Asociadas con estos antecedentes se pueden encontrar muchas respuestas, no solo a los retos que plantea la adaptación de la agricultura al cambio climático, sino también a la necesidad de diversificación de los sistemas alimentarios mediante la recuperación de cultivos tradicionales, ricos desde el punto de vista nutricional y adaptados a condiciones extremas (por ejemplo, estrés hídrico, calor, salinidad), y la recuperación de sistemas y variedades tradicionales. Existen muchos ejemplos de reservas de biodiversidad, como por ejemplo, el caso de la variedad blanca de quinua de la región centro-sur de Chile, que corresponde a un ecotipo único a nivel mundial, porque se trata de una quinua que crece a nivel del mar (Rodríguez y Meza, 2016), o el caso de quinua muy resistente a salinidad, cultivada en el salar de Uyuni, Bolivia, una característica muy destacada de la biodiversidad de este cultivo, que además se realiza desde el nivel del mar hasta a más de 4.000 m s.n.m. (Mirando *et ál.,* 2017).

En el caso de Brasil, en casi 20 años hubo políticas diferenciadas para la agricultura familiar, enfocadas en el acceso a la tierra y al crédito rural y en el apoyo a la producción y comercialización. De esta forma, también se buscó responder a los retos planteados por el hambre y la inseguridad alimentaria por medio de políticas sociales y territoriales (Sabourin, 2015). La diversificación es la estrategia más importante que usan los campesinos para el manejo del riesgo de la producción en sistemas agrícolas familiares. En general, los agroecosistemas tradicionales son menos vulnerables a los daños catastróficos porque, en caso de pérdidas, la amplia diversidad de cultivos y variedades en los diferentes arreglos espaciales y temporales genera compensaciones. En la mayoría de los casos, los agricultores mantienen la diversidad como seguro para enfrentar el cambio ambiental o futuras necesidades sociales y económicas (Altieri y Nicholls, 2009; 2017).

Entre las estrategias que buscan aumentar la diversidad, pueden mencionarse las siguientes: a) sistemas de cultivos múltiples o policultivos, que tienen una mayor estabilidad y menor declinación de la productividad durante una sequía que los monocultivos; b) uso de la diversidad genética local, que explota la diversidad intraespecífica mediante la siembra simultánea y en el mismo campo de diversas variedades locales que, en general, son más resistentes a la sequía; c) colecta de plantas silvestres como subsistencia a través de la recolección alrededor de los cultivos; para grupos indígenas de la sierra mexicana, cuando sus cosechas son destruidas por el granizo o la sequía, las especies silvestres o «quelites» constituyen la única fuente de alimento alternativo, y d) sistemas de agroforestería y mulching, que utilizan la cobertura de los árboles para proteger los cultivos contra fluctuaciones extremas en microclima y humedad del suelo (Altieri y Nicholls, 2009; 2017).

La evasión del riesgo es la alternativa que más adoptan los indígenas de las serranías en México. Así, los tarahumaras de la sierra de Chihuahua bajan a las ciudades a colectar dinero que es remitido para subsanar los efectos de los desastres naturales (Saucedo *et ál.,* 2012; Altieri y Nicholls, 2009; 2017) e informan además varios sistemas de adaptación a la variabilidad del clima que poseen origen milenario. O, por ejemplo, los waru-warus (Fig. 2.5) del lago Titicaca en Bolivia, que consisten en campos elevados construidos sobre tierras de inundación estacional en sabanas y laderas de montaña. Fueron hallados no solo en Bolivia, sino también en Surinam, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (McKey y Rostain, 2015). La combinación de camas elevadas y canales de desagüe ha demostrado tener efectos importantes en la regulación de la temperatura, prolongando la temporada de crecimiento, lo que permite mayor productividad en los waru-warus, en comparación con la de los suelos normales de la puna fertilizados químicamente.

En el caso de la cultura andina, se rescatan técnicas ancestrales que inspiran varias adaptaciones importantes. Por ejemplo, pueden mencionarse los andenes de Coctaca (Departamento de Humahuaca, Jujuy), que es una estructura de terrazas incaicas de gran valor cultural, que se originan en registros arqueológicos de Tarija, Bolivia (Ventura *et ál.,* 2010), o el caso de la andenería de Choquequirao en Perú (Ancajima Ojeda, 2013; Guzmán García, 2013). La agricultura en terrazas no depende de grandes inversiones en infraestructura y tecnología, siendo particularmente beneficiosa para los campesinos agricultores que operan sin recursos sustanciales o con el apoyo del Estado (Bocco y Napoletano, 2017).

Otra adaptación cultural importante a los contrastes ambientales han sido los sistemas basados en cultivos, animales y tecnologías agropastoriles diseñadas para proveer una dieta adecuada con recursos locales mientras se evitaba la erosión del suelo (Altieri y Nicholls, 2009). En esta cultura de montaña, sus calendarios y la cosmovisión asociada a los mismos, los conocimientos que absorbieron las actuales culturas andinas provenían de la cultura del Tawantinsuyo (conjunto de comunidades incas organizadas en forma de federación que encontraron los españoles a su llegada y que estos interpretaron como un imperio) y de sus predecesores, la llamada cultura de Tiawanacu, de donde aprendieron a comprender los aspectos que tienen que ver con la variación climática periódica a mediano y muy largo plazo. Sus nociones quedaron reflejadas en los actuales calendarios agrofestivos, que siguen siendo habituales en las comunidades actuales (Chuctaya Accamari y López García, 2016). La aplicación de estos conocimientos resultó en la división del ambiente andino en franjas agroclimáticas dispuestas según la altitud, cada una caracterizada por prácticas específicas de rotación del campo y cultivos, terrazas y sistemas de irrigación, y la selección de animales, cultivos y variedades, así como el mantenimiento de una amplia base genética que reduce la amenaza de la pérdida de cultivos debido a variaciones climáticas o por plagas y patógenos específicos a variedades particulares

de los cultivos (Altieri y Nicholls, 2009). Una adaptación conocida es el cultivo en tablones, en laderas de fuerte pendiente destinadas a cultivos de maíz bajo riego por las culturas incaica y también maya y azteca.

La adaptación a una agricultura de secano basada en la captura de agua fue también adoptada por los otomís del valle del Mezquital en México, quienes practicaron un manejo de los recursos naturales con un nivel de producción diversificada, adaptada a los distintos paisajes del valle, así como un énfasis en la agricultura de secano y uso intensivo del agave o maguey (*Agave spp.*) (Altieri y Nicholls, 2009).

Aun en el contexto de vivir con la ciencia moderna y los medios de comunicación, los patrones indígenas de los fenómenos de interpretación tienden a ser persistentes. Lejos de tomar el cambio climático de manera fatalista como algo dado, la gente busca significado y diseña adaptaciones usando su propio conocimiento. No buscan soluciones destinadas a adaptarse solo al cambio climático, sino soluciones integrales para aumentar su resiliencia a una amplia gama de crisis y tensiones de diversas fuentes. Por ejemplo, una práctica común de uso del suelo es dispersar las parcelas cultivadas en el territorio de la comunidad. En lugar de una sola trama continua, la mayoría de las personas cultiva parcelas diseminadas por la tierra de la comunidad, en diferentes elevaciones y en diferentes aspectos. Identifican claramente la función de esta estrategia como reducción de riesgos (Boillat y Berkes, 2013). Desde estos conocimientos tradicionales se reconoce la necesidad de buscar opciones basadas en la comunidad, mejor adaptación social y educación (Rogé *et ál.,* 2014).

Dentro de los programas destinados a la conservación de los recursos nativos y patrimonio agrícola, destacan los sistemas importantes del patrimonio agrícola mundial (SIPAM), que corresponden a un programa creado en el marco de la Conferencia Río+10 con el impulso de la FAO. Se trata de un sistema de uso del suelo, de paisajes remarcables, que son ricos en biodiversidad. De 30 sistemas SIPAM existentes en el mundo, hay dos en América Latina, uno en Chiloé (Chile) y otro en el Corredor Cuzco-Puno, que integra los sistemas de Huaru Huaru, pero también todo el sistema típico de la región andina. Entre los sistemas relevantes preidentificados en una primera fase están el de los moxo, en la Amazonia boliviana, que se basa en el empleo de camellones de la zona que se inunda, próxima al cauce del río, y que es aprovechada para cultivos, y los sistemas tsu huaru huaru o sukakollos, que ocupan alrededor de 50.000 hectáreas alrededor del lago Titicaca, que también son un sistema de camellón similar al de los Moxo, bajo el mismo principio tecnológico (Rodríguez y Mesa, 2016).

Deben ser considerados también los sistemas silvopastoriles a partir de monte natural degradado, donde mediante eliminación del sotobosque o desmonte selectivo (eliminación de algunos árboles) se implantan pasturas. Estos sistemas permiten mitigar el cambio climático por acrecentamiento de *stocks* de carbono sobre y bajo el suelo (Montagnini *et ál.,* 2013).

Existen también estrategias de comercialización que se han generado para mercados alternativos, con cadenas de valor para ciertos productos (especialmente de pequeños productores para mercados internos), grupos asociados con consumidores o nuevas cooperativas. En los países de la región se favorece a las industrias de procesos fundamentados en recursos naturales, con especializaciones diferenciadas, basadas en denominaciones de origen o en nichos de alto valor y bajo volumen de producción, aprovechando la hipersegmentación de los mercados característica de la oleada de globalización actual (Pérez, 2012; Barrientos Felipa, 2014). La mayor consideración por la trazabilidad se percibe en los canales de comercio minorista de la Unión Europea, donde muchos comercios exhiben etiquetado ecológico, certificando que un producto comercializado cumple con el Reglamento de Agricultura Orgánica de la Unión Europea, basado en la prohibición de fertilizantes y plaguicidas sintéticos (Charlebois *et ál.,* 2014).

Algunos agricultores ya aplican varias estrategias para ayudar a reducir los riesgos climáticos y las incertidumbres, incluidas la agricultura en múltiples ubicaciones, la diversificación de cultivos y variedades, la búsqueda de fuentes de ingresos alternativas y la compra de seguros de cultivos. Tales esfuerzos a menudo ayudan a los agricultores a mantener un ingreso más estable, al mismo tiempo que protegen y preservan la productividad de la tierra. Sin embargo, otros agricultores no han implementado estrategias básicas de gestión de riesgos a pesar de sus claros beneficios.

7.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Las interrelaciones de las medidas de adaptación al cambio climático con diferentes objetivos se muestran en la **Figura 7.6.**

7.5.1. Mitigación

Existen cobeneficios obvios de la agricultura climáticamente inteligente (ACI) que promueve acciones coordinadas hacia una mayor resiliencia climática, priorizando intervenciones que pueden mejorar la productividad y los ingresos, ayudar a los agricultores a adaptarse al riesgo actual y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en el presente y futuro (Shirsath *et ál.,* 2017). Por otro lado, la agricultura sin labranza (siembra directa) también se recomienda como una práctica de adaptación que mejora la calidad del suelo y la resiliencia ante eventos climáticos extremos (Merante *et ál.,* 2017). Las políticas para promover el uso de biocombustibles por parte de los gobiernos generalmente persiguen el objetivo de reducir el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, tienen efectos adversos significativos cuando promueven cambios en el uso del suelo y las emisiones de GEI en otros sectores y amenazan la seguridad alimentaria (Howden *et ál.,* 2007; Miyake *et ál.,* 2014).

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Sistemas de monitoreo y alerta temprana de eventos climáticos extremos (sequías, tormentas, granizadas, heladas, etc.)	○	●	○	●	●	●	●	1 2 13	1 2
Almacenamiento y bombeo de agua; sistemas de riego	●	●	●	●	○	●	●	1 2 6	3
Nuevas variedades y tipos de cultivos y animales, con resistencia a sequía y a plagas	●	●	●	●	●	●	●	1 2 6	3
Uso de métodos y técnicas tradicionales	○	●	●	●	●	●	●	1 2 6 13	4
Cambios de sitios de producción animal y vegetal	●	●	●	●	○	●	●	1 2 6	
Conservación del suelo y el agua	●	●	●	●	●	●	●	1 2 6 13 15	2 3
Sistemas de seguros por pérdidas	○	○	○	●	●	●	○	1 13	2 4
Ordenamiento territorial	●	●	●	●	○	●	●	13 15	2 4

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (○) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo). Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[3] Prioridades del Marco Sendai: 1 comprensión del riesgo de desastres; 2 fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; 3 invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; 4 mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

Figura 7.6. Interacciones en el ámbito de los recursos agropecuarios entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia.

7.5.2. Prevención de la degradación de la tierra

Un estudio del estado de los suelos del mundo muestra que la erosión global es el principal proceso de degradación, seguido del desequilibrio de nutrientes (déficits y excesos), la pérdida de reservas de carbono y la salinización (FAO e IPTS, 2015). En términos generales, la prevención de la degradación interacciona positivamente con la adaptación (y viceversa), principalmente debido a las mejoras en la calidad del suelo y en la biodiversidad y al aumento en las reservas de carbono. Las medidas de adaptación relacionadas con los cambios en las zonas de siembra o plantación o el desplazamiento de las producciones tienen el riesgo inherente de invadir tierras vulnerables, ya sea por su aridez o por sus suelos menos fértiles. Por ejemplo, en el centro de Argentina, ayudada por los aumentos de lluvia y la agricultura sin labranza, la agricultura basada en la soja avanzó hacia el oeste en reemplazo de los bosques y pastos, causando aumentos generalizados de las aguas subterráneas, inundaciones y salinización (Andrade *et ál.,* 2017).

Las acciones relacionadas con la adopción de nuevas variedades o fechas de siembra, el control de la erosión o las tormentas de viento, así como la incorporación de materia orgánica al suelo, abonos verdes, compostaje, estiércol y la reutilización de efluentes de industria alimenticia muestran claros beneficios colaterales con la prevención de la desertificación. La adopción de prácticas efectivas de conservación puede reducir los riesgos de erosión del suelo, mejorar la calidad del suelo y el agua, aumentar el balance de carbono del suelo y del ecosistema y adaptarse y mitigar el cambio climático abrupto (Lal, 2015). Sin embargo, también pueden aparecer algunos efectos adversos, por ejemplo, cuando las tierras vulnerables a la erosión se ponen en cultivo por decisiones de política pública, o el uso excesivo de agua para riego o, peor aún, salinización del suelo debido a la mala calidad del agua para riego (Elliott *et ál.,* 2014).

7.5.3. Biodiversidad y servicios ecosistémicos

La conservación o mejora de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos es beneficiosa para todas las acciones de adaptación al cambio climático, asumiendo la existencia implícita de varios cobeneficios. Por ejemplo, cuando se implementan prácticas de control de erosión, las reservas de carbono y la resiliencia climática aumentan en áreas degradadas (Munang *et ál.,* 2013). En forma análoga, lo mismo sucede cuando se utiliza agricultura de conservación (p. ej., cultivos de cobertura, cultivos asociados, labranza reducida) que mejora la resiliencia climática del sistema (Poeplau y Don, 2015; Merante *et ál.,* 2017), se usan sistemas combinados con estrategias basadas en la agroecología y diversificación de plantas y cultivos en la agricultura campesina (Altieri y Nicholls, 2017), o cuando se incluyen árboles en sistemas agrícolas o ganaderos (agrosilvicultura y sistemas silvopastoriles), o con el empleo de bioinsumos, biocidas, biocontroladores y el reconocimiento y aplicación de prácticas provenientes del conocimiento ancestral y producto de la observación.

7.5.4. Seguridad alimentaria

Los impactos del cambio climático en la seguridad y en las desigualdades alimentarias serán peores en países que ya sufren altos niveles de hambre y empeorarán con el tiempo (ver **Tabla 7.1;** Wheeler y Von Braun, 2013). Las acciones de adaptación, como la agricultura climáticamente inteligente o la combinación de prácticas de conservación agrícola, con producciones integradas basadas en la agroecología, que buscan aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas, muestran claros beneficios colaterales con la seguridad alimentaria (The World Bank *et ál.,* 2014a; b). Sin embargo, todo esto no parece suficiente porque todo el sistema alimentario debe ajustarse al cambio climático, prestando especial atención también al comercio, las existencias y las opciones de política social y de nutrición (Wheeler y Von Braun, 2013; Lipper *et ál.,* 2014). También son efectivas las adaptaciones implementadas en los cultivos, como los cambios de sistemas y fechas de siembra, que aumentan los rendimientos un 7-15 % en promedio, con adaptaciones más efectivas para el trigo y el arroz que el maíz (Challinor *et ál.,* 2014). La existencia de impactos negativos o intercambios entre las acciones de adaptación y la seguridad alimentaria son menos evidentes. Por ejemplo, cuando se resuelve un problema, se genera otro no deseado, como ocurre en suelos fértiles donde la fertilización posibilita la inclusión de otros cultivos con mayor demanda de agua y más propensos a sufrir estrés hídrico (Lobell, 2014).

7.5.5. Salud

Existe una obvia relación entre el clima y, en especial, sus eventos extremos y la salud humana. En un estudio realizado por Watts *et ál.* (2015), el sector agropecuario aparece indirectamente vinculado con los problemas de malnutrición generados por la menor producción de alimentos y la pérdida de servicios ecosistémicos y biodiversidad, usualmente atribuidos a procesos de degradación y al cambio climático. La erosión eólica también puede causar problemas de salud en vías respiratorias (Kampa y Castanas, 2008); por ejemplo, debido al transporte de organismos patógenos de todo tipo, así como otros elementos dañinos (PM_{10}, por ejemplo) en sedimentos transportados por el viento, usualmente cuando hay erosión eólica en suelos de uso agropecuario (Acosta Martínez *et ál.,* 2015). Los impactos de las medidas implementadas para controlar la erosión eólica son más bien indirectos; por ejemplo, mejoras en la calidad de vida o en el acceso a la alimentación y bienes necesarios para mantener un buen estándar de calidad de vida que generan una mejor producción agropecuaria o conservación de servicios ecosistémicos.

7.5.6. Reducción de la pobreza

En general, las medidas de adaptación basadas en la agricultura tienen por objetivo bien aumentar la producción, bien minimizar el riesgo de desastres, por lo que su impacto sobre la reducción de la pobreza es de neutro a positivo. Sin embargo, en casos en que esas medidas de adaptación impliquen migración de personas entre áreas rurales, algo muy común en casos de economías basadas en el sector agropecuario, ello puede generar mayor pobreza a corto plazo, a no ser que existan instituciones locales que actúen ayudando y acomodando a la movilidad humana (Tacoli, 2009). Las medidas de protección social y de reducción del riesgo de desastres diseñadas para limitar los daños causados por los impactos y los eventos extremos (p. ej., inundaciones, sequías, olas de calor, etc.) pueden no ser suficientes a largo plazo si no se considera también la reducción de la dependencia de las actividades de medios de vida sensibles al clima entre las estrategias de adaptación (Davies *et ál.,* 2009).

7.5.7. Provisión de agua

Muchas medidas de adaptación en el sector agropecuario ejercen impactos positivos sobre el agua, en especial aquellas que implican una mejor conservación y uso del recurso, o la preservación del rol de los ecosistemas en el ciclo hidrológico. No obstante, otras medidas —sobre todo las de tipo estructural que tienden a asegurar una mayor accesibilidad a fuentes de agua disponible para riego— pueden entrar en conflicto en el futuro, dadas las limitaciones de agua dulce en algunas regiones muy irrigadas, donde se podría requerir la reversión de muchas tierras de cultivo desde el regadío hacia el manejo de secano (Elliott *et ál.,* 2014). Se requiere un enfoque integrado entre todos los componentes del sistema agua, energía, alimento y agricultura. El nexo agua, energía y alimentación y las respuestas de adaptación están interrelacionados de numerosas maneras. La adaptación efectiva al cambio climático requiere el uso eficiente de la tierra, el agua, la energía y otros recursos vitales, y esfuerzos coordinados para minimizar las compensaciones y maximizar las sinergias (Rasul y Sharma, 2016).

7.5.8. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas

Las medidas de adaptación se relacionan con un total de siete ODS (PNUD, 2015). Dada su relación directa, todas se vinculan con el ODS 13 (acción climática), que busca incrementar la resiliencia ante los cambios y los eventos extremos del clima. Aquellas medidas que accionan sobre los ecosistemas y bosques se relacionan directamente con el ODS 15 (vida en la Tierra), que busca incrementar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Las medidas que buscan protegerse de plagas, mejorar sistemas de información, y mejorar prácticas agronómicas y cultivos se relacionan directamente con el ODS 2 (hambre cero). Existen algunas medidas multipropósito, como por ejemplo, la implementación de métodos y técnicas tradicionales y de la agricultura climáticamente inteligente (ACI), que tienden a cumplir los ODS 1 (reducción de la pobreza), 2 (hambre cero), 5 (igualdad de género), 10 (reducir las inequidades) y 13 (acción climática).

7.5.9. Prioridades del Marco de Sendai

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 se adoptó en la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas celebrada en Sendai (Japón) el 18 de marzo de 2015. Dicho Marco expresa la necesidad de comprender mejor el riesgo de desastres en todas sus dimensiones relativas a la exposición, la vulnerabilidad y características de las amenazas, el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres, y la necesidad de prepararse para reconstruir mejor, entre otros objetivos (Naciones Unidas, 2015).

Entre las medidas de adaptación enumeradas, existe un conjunto de ellas que cumple con los objetivos trazados por las Prioridades 1 (comprender el riesgo de desastres) y 2 (fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo). Se trata de la implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana para riesgos climáticos e irrupción de plagas, regulación del uso de tierras e implementación de más áreas protegidas. Otras, como el control de deslizamiento de laderas, la implementación de obras agrohidrológicas para control de anegamientos y el control de incendios, se agregan como objetivo a la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia. Las medidas de adaptación basada en la comunidad cumplen con la Prioridad 4, que consiste en aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y para reconstruir mejor en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

7.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

En contraste con la mitigación, donde la efectividad de la acción política se puede medir a través de la métrica toneladas de CO_2 equivalente reducido, no existe una métrica universalmente aceptada para evaluar la efectividad de la adaptación. Sin tal métrica, los organismos financieros de adaptación, como el Fondo de Adaptación o el Fondo Verde para el Clima, enfrentan desafíos cuando intentan comparar el efecto de adaptación de los proyectos para lograr una asignación eficiente de sus fondos (Stadelmann *et ál.,* 2015). Las contribuciones se centran en el comportamiento de los agricultores, con importantes investigaciones sobre género, redes sociales e instituciones que siguen estando poco representadas (Davidson, 2016).

Siguiendo un criterio análogo al utilizado por IPCC en sus estudios, puede adoptarse a la cantidad de personas afectadas como una métrica posible. En este sentido, la mayor parte de las 26 medidas de adaptación enumeradas en la **Figura 7.5** poseen el potencial de afectar hasta unos 25 millones de habitantes, con excepción de las medidas 21 (regulación del uso de las tierras) y 22 (seguridad en el régimen de tenencia de las tierras), que pueden afectar a más población (> 25 millones de personas).

Sin embargo, esta métrica basada en cantidad de personas afectadas dice poco acerca de la efectividad de la práctica o medida tomada, o del riesgo de maladaptación. Esta es un proceso que exacerba los impactos negativos del cambio climático en el territorio, sector o grupo de personas a través del incremento de las causas preexistentes de vulnerabilidad o la creación de nuevas causas (Magnan *et ál.,* 2016). Se pueden identificar tres tipos de resultados de maladaptación: a) aumento de la vulnerabilidad, b) aparición de nueva vulnerabilidad, y c) daños al desarrollo sostenible (Juhola *et ál.,* 2016).

a) Aumento de la vulnerabilidad: se incluyen aquí casos de exposición y sensibilidad incrementadas, como por ejemplo, la plantación de árboles de sombreado que dañan la infraestructura existente en caso de tormentas.

b) Aparición de nueva vulnerabilidad: se cuenta aquí el caso de la utilización productiva de planicies de inundación y humedales que pueden limitar la futura capacidad de respuesta de ríos a crecidas. Muchos agricultores contrarrestan la incertidumbre climática mediante el uso de plaguicidas, lo cual puede eliminar insectos beneficiosos, empeorando las condiciones. En el caso de Brasil, se ha difundido el uso del doble cultivo en algunas regiones tropicales, lo cual en un contexto de cambio en las lluvias se volvió maladaptación (UNEP, 2019).

c) Daños al desarrollo sostenible: en general, todas aquellas acciones de adaptación que incrementan las emisiones de GEI y la degradación ambiental. Un ejemplo muy claro son los sistemas de regadío con agua de calidad deficiente que terminan causando salinización de suelos.

7.7. Casos de estudio

En la **Figura 7.7** se presentan brevemente los casos de estudio que posteriormente son desarrollados en más detalle.

7.7.1. Análisis comparativo de los avances en la frontera agropecuaria sucedidos en la Argentina y en Brasil

7.7.1.1. Resumen del caso

Brasil y Argentina han experimentado importantes cambios de uso del suelo en las últimas décadas que presentan muchas similitudes, pero también marcadas diferencias. En ambos casos, los cambios de uso del suelo estuvieron fomentados por demandas de mercados internacionales, el cultivo de soja y la ganadería en ambos países, pero en Brasil se dio además por la demanda de bioenergía, fomentada a nivel gubernamental por el Programa Pro-Alcohol mediante el aprovechamiento de los residuos de caña de azúcar. En la Argentina, el avance sobre ecosistemas más frágiles se dio con tecnologías propias de la producción pampeana húmeda, mientras que en Brasil existió una planificación centralizada, lo que contribuyó a generar la infraestructura necesaria para este desarrollo. No obstante, problemas como la desigual tenencia de la tierra o la falta de población rural son comunes en ambas situaciones.

7.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

Los desplazamientos de áreas de cultivo o producción pueden originarse, entre otros motivos, como medidas de tipo tecnológico de adaptación al cambio climático. Estas pueden estar planificadas desde los diferentes estamentos gubernamentales o ser de tipo autónomo, producto de iniciativas individuales, muchas veces por condiciones económicas coyunturales. Estos desplazamientos de áreas de producción pueden generar, en muchas situaciones, interacciones negativas con la conservación de la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos. Muchos países en vías de desarrollo se han visto muy afectados por estos cambios en las últimas décadas, en general asociados con el aumento de las presiones de uso del suelo. El Cono Sur de Sudamérica es un claro ejemplo de avance de la frontera agropecuaria en varios países, principalmente en los dos de mayor superficie, Argentina y Brasil, aunque con peculiaridades en el proceso de expansión.

7.7.1.3. Descripción del caso

El avance de la frontera agropecuaria en la Argentina fue el resultado de cambios favorables en el régimen y cantidad de lluvias, que facilitó la agricultura de verano (p. ej., soja, girasol y maíz) en donde antes solo se llevaba a cabo ganadería vacuna con pastoreo directo (oeste de la región pampeana) e inclusive desmonte en la región norte semiárida. El proceso vino acompañado por tecnologías como la siembra directa o cultivos modificados genéticamente. Este proceso económico motivó que la Argentina pasara de cultivar unos 18 millones de hectáreas en 1990 a 32 millones de hectáreas en 2015. La producción pasó en ese periodo de 25 a 130 millones de toneladas de granos, con prevalencia del cultivo de soja, acompañado por elevados precios en el mercado internacional. El país desarrolló un fenomenal complejo aceitero y se convirtió en el primer exportador mundial de aceite de soja (Satorre, 2005; Viglizzo y Jobbagy, 2010; Andrade *et ál.,* 2017). La **Figura 7.8** muestra las direcciones de avance y de retroceso de estos cambios. En el caso del cultivo de maíz, contribuyó la adopción de la siembra tar-

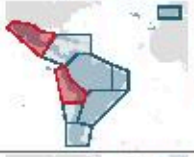
Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Análisis comparativo de los avances en la frontera agropecuaria sucedidos en la Argentina y en Brasil.	Argentina y Brasil			Subnacional		Subnacional
Selección de germoplasma adaptado de banana en el Nordeste de la Argentina.	Argentina			Local		Subnacional
Adaptación de caficultores de México y Perú a la aparición de roya asociada al cambio del clima. Selección de plantas matrices de café tolerantes a la roya.	México y Perú			Local		Subnacional
Cambio en fecha de siembra para aprovechamiento de humedad en el centro de México.	México			Local/ municipal		Local
Control de degradación y desertificación con innovaciones agroforestales en la Amazonia peruana.	Perú			Local		Subnacional



Figura 7.7. Caracterización de los casos de estudio (sector: recursos agropecuarios). Fuente: elaboración propia.

día del maíz para evadir la seca estival durante la floración (Gambín *et al.*, 2016).

Así como en la Argentina, donde la expansión de la frontera agrícola se hizo básicamente a expensas del bioma chaco-pampeano, en Brasil ocurrió algo semejante con el Cerrado, y también puso en tensión la preservación de un importante sistema natural vs. una fuente de riqueza enorme. La expansión económica brasileña comienza en las áreas litorales, acompañando el crecimiento en la población del país, siendo incorporadas más tarde aquellas áreas con una ubicación más central. Ya entre 1930 y 1945 comenzó la primera fase del movimiento «marcha para el oeste». Este periodo fue fundamental para la intensificación del uso del suelo en el Cerrado a partir de la construcción de una red de carreteras y núcleos urbanos dispersos por el interior del país (Ferreira *et al.*, 2016). El movimiento no tuvo solo un fin de promoción de la agricultura, sino que fue, en sí mismo, un hecho mucho más complejo, con fundamentaciones políticas y sociales

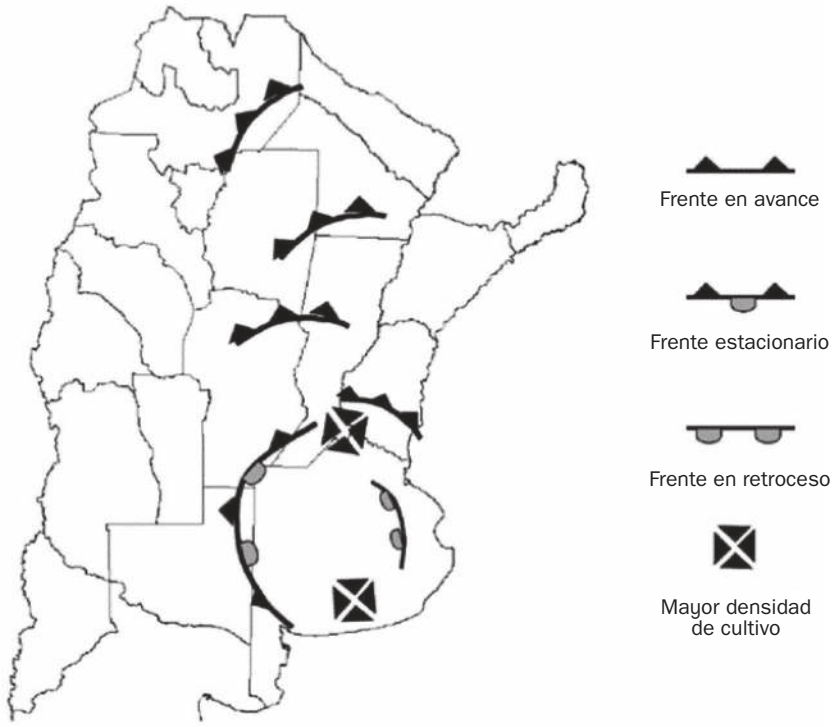


Figura 7.8. Dinámica de la frontera agrícola bajo producción en condiciones de secano. Fuente: Viglizzo y Jobbagy, 2010.

que respondían a sectores de la política nacional liderada en aquellos años por Getúlio Vargas. Se trataba en verdad de una política de población del interior de Brasil.

La transformación definitiva de la agricultura brasileña tiene su origen en la segunda mitad de la década de 1950, con el plan de modernización impulsado por el presidente Juscelino Kubitschek. Hasta ese entonces, las tierras agrícolas se localizaban principalmente en el sur del país, pero tanto por escasez de tierras como por la necesidad de un aumento en la productividad, se manifestó aún más la necesidad de expandirse hacia otros sectores. Aunque las tierras del Cerrado no eran casi usadas en ese entonces para la producción agrícola, desde el punto de vista edafo-ambiental se adecuaban muy bien a la agricultura moderna de ese momento basada en el paquete tecnológico de la «revolución verde». La **Figura 7.9** muestra la distribución de la cobertura vegetal nativa y de áreas de uso antrópico (en color rosa) en los seis biomas brasileños con resalto para el Cerrado.

Según Amorin Salim (1986), citado por Silva (2000), hubo medidas de promoción que indujeron a los productores rurales a realizar las acciones esperadas para el desarrollo agrícola de la región. Estas medidas contemplaban créditos, asistencia técnica, seguros contra riesgos e incentivos fiscales, entre otras. Un hito importante desde el punto de vista de las acciones federales fue la creación de EMBRAPA, responsable de la generación de tecnologías agrícolas aptas para una región de esas características.

No puede soslayarse que contribuyó también para su ocupación y explotación el bajo precio de las tierras de la región del Cerrado. Todo este aumento en el área bajo producción y su productividad agrícola tuvieron su contracara en una fuerte modificación del paisaje y la retirada en vastos sectores de la casi totalidad de la cubierta vegetal nativa, tal como señala Lima (1996). Shiki (1998) asegura que, en este proceso de transformación de la producción agrícola en el Cerrado y su modelo de alta capacidad tecnológica, también se produjo un traslado de agricultores pequeños hacia áreas menos aptas, intentando mantener una agricultura de subsistencia y una producción lechera tradicional con bajo nivel de tecnificación. Algunos de los varios programas de fomento de las actividades terminaron resultando funcionales a la transferencia de recursos financieros a los grandes propietarios. El proceso de incremento de la producción en el Cerrado tuvo entonces, como parte negativa, una marginalización de pequeños propietarios que vendieron sus tierras ubicadas en las áreas planas y se instalaron en otras de relieve más accidentado. En muchas situaciones se produjo una migración hacia los centros urbanos.

En las últimas dos décadas las tierras brasileñas bajo producción agropecuaria se han mantenido estables, aunque su productividad en términos generales (granos, leche y carne) ha aumentado, hecho que hace que su agricultura sea más competitiva. La desaceleración en la ocupación de tierras y la consecuente disminución en la tasa de desmonte, aun con el aumento de los precios de las materias primas agrícolas, indican un cierto éxito en las políticas implementadas para frenar la deforestación (Barretto *et ál.,* 2013).

El riesgo inherente de cualquier adaptación autónoma es el avance hacia áreas más vulnerables, tanto desde lo climático como desde lo edáfico. El problema se incrementa cuando los agricultores, o directamente las empresas, utilizan las mismas tecnologías de producción de las áreas más fértiles de origen en aquellas con mayor riesgo de utilización. Cuando la expansión es analizada exclusivamente desde el punto de vista financiero, sin considerar los impactos ambientales ni ningún otro tipo de externalidades, seguramente los resultados aparecen como favorables.

7.7.1.4. Limitaciones e interacciones

Existen cobeneficios identificables en los casos de ambos países, como la mayor producción y actividad económica,

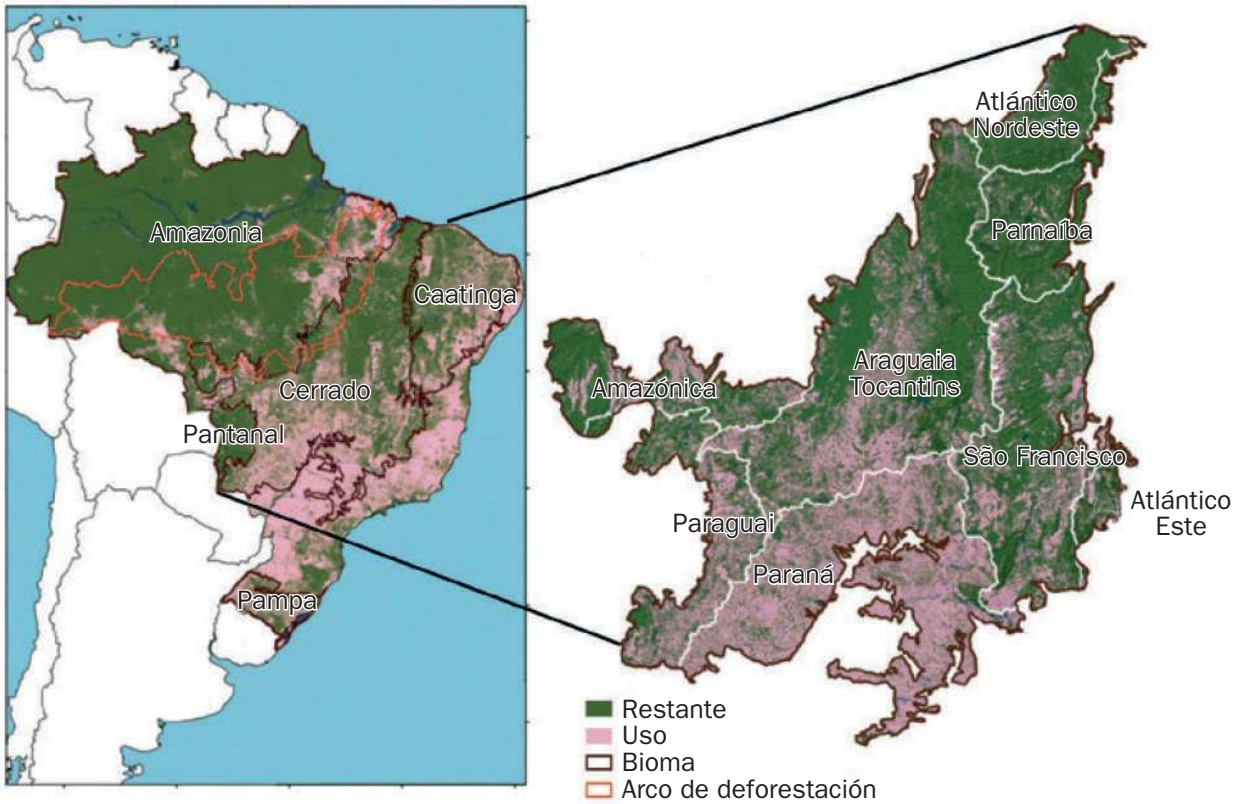


Figura 7.9. Distribución de la cobertura vegetal nativa y de áreas de uso antrópico (en color rosa) en los seis biomas brasileños con resalto para el Cerrado, que es la región que ha perdido más vegetación nativa en los últimos 50 años (1 millón de km^2), y para las cuencas hidrográficas con nacientes en ese bioma (delimitadas por líneas blancas). Fuente: Ferreira *et ál.,* 2016.

aun cuando existen dudas en cuanto a en qué medida este desarrollo repercute en la actividad local o se transfiere a los centros de concentración económica más importantes. Las interacciones negativas más claras tienen que ver con las consecuencias de tipo hidrológico (p. ej., ascensos freáticos, inundaciones), pérdidas de biodiversidad, mayor degradación de suelos, etc.

Existen consecuencias sociales negativas, como el desplazamiento de población rural a las ciudades del interior, y aun a los grandes centros urbanos, o de población nativa sin posesión de la tierra o con formas de tenencia precarias.

7.7.1.5. Lecciones identificadas

En un contexto en que se asocia el cambio climático con impactos adversos sobre la producción, algunas de estas situaciones pueden ser ejemplo de cambio positivo —al menos en algún aspecto— atribuibles al cambio climático. Deben generarse tecnologías de cultivos y de manejo de suelos aptas para estas nuevas zonas de producción, sin caer en la «practicidad» de implementar en forma directa paquetes tecnológicos que puedan haber sido exitosos en otras situaciones. Deben considerarse las consecuencias sociales de los avances de la frontera agrícola (migraciones, falta de empleo, oportunidades para los que permanecen, formas de tenencia y utilización de las tierras, etc.).

7.7.2. Selección de germoplasma adaptado de banana en el Nordeste de la Argentina

7.7.2.1. Resumen del caso

En las últimas décadas, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (INTA) y los productores zonales han hecho importantes esfuerzos para diversificar los sistemas productivos del Nordeste del país, especialmente en la zona húmeda de la provincia de Formosa, donde existen condiciones agroclimáticas aptas para el cultivo del banano. Esta producción está amenazada por la alta probabilidad de heladas y sequías y por los cambios proyectados del clima, que anuncian un incremento en la temperatura media

y variancia del clima, presencia de inviernos cortos y pocos días muy fríos. En principio se piensa que los subtrópicos saldrán favorecidos para la producción de banana, por lo que en 2005 se comenzó la selección de germoplasma con esta mirada prospectiva hacia 2025-2030. Se trabajó en forma integrada, aunando genética con la generación y la validación de prácticas de cultivo para el manejo de las líneas, lo que permitirá obtener cantidad y calidad de la producción. Los clones fueron provistos y seleccionados por y con los agricultores de la zona a través de un proceso de investigación-acción participativa. Se observaron beneficios muy evidentes en los sistemas de producción, con control biológico de plagas y la mejora en la calidad de los suelos. No obstante, se alerta acerca del riesgo de disminuir la variabilidad genética de la región, aumentar la susceptibilidad a plagas y enfermedades, e invadir áreas más vulnerables en cuanto a suelo y clima, con potencial pérdida de biodiversidad.

7.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

El banano es el octavo cultivo alimentario del mundo y el cuarto entre los países menos desarrollados, primero en volumen y en valor económico (FAOSTAT, 2018). Es un importante cultivo para muchos países en vías de desarrollo, junto con el trigo, maíz y arroz (FAO, 2007).

La región subtropical húmeda de la provincia de Formosa, ubicada en el Nordeste argentino, presenta una zona de condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo, pese a la alta probabilidad de ocurrencia de heladas y sequías. Entre las variedades cultivadas se tiene la Nanica y la Nanicao, ambas del subgrupo Cavendish (Colque y Tenaglia, 2010).

En la selección de material genético adaptado es necesario tener en cuenta los efectos provocados por el cambio climático, que se vuelve relevante en esta escala de tiempo, donde el horizonte está a 20 o 30 años. Los modelos predictivos pronostican un incremento en la temperatura media y variancia del clima, presencia de inviernos cortos y escasez de días muy fríos. La media de la precipitación no cambiaría mucho, y si lo hiciera, aumentaría y sería intensa y concentrada. En principio, los subtrópicos saldrán favorecidos en lo que hace a su potencial para la producción de banana (Jarvis, 2008).

7.7.2.3. Descripción del caso

En el año 2005 se comenzó la selección de germoplasma con esta mirada prospectiva. El primer enfoque fue el análisis sobre las condiciones agroclimáticas en las cuales deberá desarrollarse el material seleccionado, que estaría en plena producción hacia el 2025-2030. El segundo enfoque fue el alto polimorfismo existente entre los clones cultivados por agricultores familiares, lo cual permite mayor flexibilidad para responder a los cambios ambientales (Ermini *et ál.,* 2013; 2016).

De forma integrada, junto con la genética se trabajó en la generación y la validación de prácticas de cultivo para el manejo de las líneas que permitirán obtener cantidad y calidad de producción. También se tomaron en cuenta aspectos como labores culturales, manejo de suelo, protección y trabajo sobre los racimos, manejo integrado de plagas, fenología, suma térmica y capacitación e información a los jóvenes (Colque y Tenaglia, 2010).

Clima: las temperaturas del mes de julio fueron 3,5-5 °C superiores a las del periodo 1985-2005, teniendo tres días de heladas muy severas, que produjeron un enorme daño en los cultivos. Hubo temperaturas medias más altas, con pocos días muy fríos. Se observó que la tendencia está confirmada por los modelos predictivos.

Evaluación de clones de banana: entre marzo y abril de 2012 se marcaron en la región subtropical norte de Formosa 684 plantas dentro de 84 lotes de agricultores familiares, que mostraron estabilidad de rendimiento entre 2006 y 2011, como criterio de adaptación al cambio climático. Las plantas fueron evaluadas durante ese periodo en variables vegetativas (altura, diámetro de seudotallo, números de hojas a floración y cosecha) y de producción o rendimiento (número de manos y peso del cacho).

Criterio de selección de clones: el primer criterio de selección para estos 684 clones fue su resiliencia, es decir, aquellos clones que mantuvieron un rendimiento alto durante todos los ciclos productivos, soportando cambios sin importar la dirección de los mismos, años con heladas intensas, sin heladas, secos, muy lluviosos y todas las condiciones que afrontaron desde 2006 (Tenaglia, comunicación personal). Se buscaron clones que tuvieran un buen rendimiento todos los años, asegurando estabilidad en la producción al agricultor familiar. El segundo criterio fue el ciclo de los clones. La estrategia planteada es la producción anual, que se inicia después de las heladas y finaliza con las mismas. Los cultivos tropicales no tienen tolerancia a las heladas; por ello se buscó escapar a las mismas con ciclos cortos y manejo.

Implantación de ensayo comparativo de rendimiento de los clones seleccionados en el proceso de investigación-acción participativa: en la campaña 2014/2015, 140 clones del total de plantas marcadas provenientes de 8 lotes fueron seleccionados e implantados en un ensayo de evaluación en un ambiente único, con un diseño estadístico aumentado (Nokoe y Ortiz, 1998; Ortiz y De Cauwer, 1998). El ensayo se lleva adelante en el campo experimental del INTA – IPAF Región NEA de Laguna Naineck, Formosa (Tenaglia, comunicación personal).

7.7.2.4. Limitaciones e interacciones

Además de las limitaciones ya mencionadas, como la pérdida de variabilidad, y las ventajas como la participación de

los productores, puede suceder que la concentración de la producción debida al manejo conlleve aparejados picos de demandas en nutrientes (N, K, P, Mg, Ca), agua y grandes volúmenes de rastrojos (C/N) después de la cosecha, provocando un desequilibrio entre las ofertas y demandas de los elementos en los diferentes ciclos.

Existen cobeneficios a partir de la utilización de agentes biológicos en el manejo de plagas y enfermedades. El control del picudo del banano (*Cosmopolites sordidus*), muy difícil de combatir por su hábito de vida, resulta muy agresivo al medio ambiente cuando se realiza con productos químicos. Por otro lado, las distintas prácticas de manejo, como la utilización de cultivos de cobertura, aumentan la capacidad de retener agua disponible para el cultivo a la vez que mejoran, la estructura del suelo y la infiltración de agua, incrementan la materia orgánica, etc.

7.7.2.5. Lecciones identificadas

Todas las áreas de conocimiento (genética, suelos, coberturas, fertilización, riego, MIP, educación, etc.) son fundamentales para llevar adelante el cultivo. Resulta imposible avanzar con un solo pilar; todas esas áreas deben estar involucradas en un desarrollo conjunto con una visión sistémica e incorporando información del contexto. Existió una participación activa de actores locales —productores y empresas— para poder emprender con éxito la tarea de consolidación de un cultivo, que no era común en el país, con buenos resultados en la búsqueda de variedades climáticamente resilientes y con control biológico de plagas. Sin embargo, hay riesgo de invasión de áreas más vulnerables en cuanto a suelo y clima, con potencial pérdida de biodiversidad.

7.7.3. Selección de plantas matrices de café tolerantes a la roya en Perú

7.7.3.1. Resumen del caso

El Perú es un importante productor y exportador de café de calidad, producción que se encuentra amenazada por la modificación en la variación climática observada por el aumento de la cantidad de lluvias en periodos inusuales. Ello ha generado condiciones para la propagación de la roya amarilla (*Hemeleia vastatrix*) en los sistemas de producción de los cafetales. Perú, a través del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), con sede en San Martín, ha promovido la renovación de cafetales con plantas matrices de café, con selección de genotipos superiores en productividad y tolerantes a la roya. La estrategia, de la cual aún no se poseen resultados definitivos, involucra el uso de tecnologías a través de jardines clonales para que perdure la disposición de material genético. Sin embargo, ya se sabe que el grado de adopción depende de la participación de productores con amplia experiencia y conocimiento de los sistemas de producción de cafetales. La conservación de las variedades de café permite continuar con las tradiciones en el manejo y mantener los estándares de calidad de taza.

7.7.3.2. Introducción a la problemática del caso

En los últimos años, y particularmente desde 2012, se tiene evidencia de una modificación en la variación climática de la región de Tarapoto, San Martín, Perú. Se ha observado un aumento en la cantidad de lluvias, o bien lluvia en periodos no usuales. También se han observado cambios en la temperatura del aire, menor brillo solar y alta humedad. Todo ello ha generado condiciones favorables para la propagación de la roya amarilla en los cafetales. Los cambios en el clima sumados al pobre manejo de cultivo (baja fertilización), así como la antigüedad de los cafetales, facilitaron que la infestación por la roya se extendiera aceleradamente.

Ghini (2011) confirma que el cambio climático es un factor importante en la propagación de la roya debido al incremento de la temperatura en invierno y la mayor concentración de carbono en la atmósfera, lo que afecta a la producción de café. Perú, a través del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), con sede en San Martín, ha promovido la renovación de cafetales con plantas matrices de café. El proyecto consiste en seleccionar genotipos superiores en productividad y tolerantes a la roya (*Hemeleia vastatrix*) con el fin de conservar las variedades de café de la región de San Martín y así evitar la introducción de nuevas variedades.

El IIAP, con apoyo del Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCyT), selecciona las plantas matrices que son sometidas a tratamientos para inducir brotes para después enraizarlos en ambientes controlados. Posteriormente, se somete a pruebas de tolerancia a la roya, y los genotipos superiores que toleran el hongo se establecen en minijardines clonales con el fin de contar con material para reproducir nuevas plantas. Estas últimas se someten a pruebas de tolerancia a la roya en el campo (**Figura 7.10**). La estrategia permitió contar con material genético de la variedad caturra roja productiva y tolerante a la roya (Vallejos, 2016).

7.7.3.3. Descripción del caso

Las plantas matrices seleccionadas permiten reproducir el material genético y conservarlo en jardines clonales, a partir de los cuales se reproducen plantas tolerantes a la roya (**Figura 7.11**). Según el estudio realizado en el IIAP, se obtienen valores cero o nulos en severidad e intensidad de la roya en las plantas clonadas y producidas por semillas de la variedad caturra roja (Vallejos, 2016). Se tienen plantaciones actuales de café en Perú que han sido renovadas con clones obtenidos del material genético de las plantas matrices seleccionadas. La estrategia ha permitido conservar la variedad de café, la calidad de taza, el manejo orgánico



Figura 7.10. Clones de 800-1.000 m s.n.m., a la izquierda, y clones de 1.001-2.000 m s.n.m. sanos y sin presencia de roya amarilla después de ser sometidos a inoculación de roya. Ambas imágenes son de la variedad caturra roja. Fuente: Vallejos Orbe, 2016.

y la producción de café. Sus resultados se ven mejorados en la producción a partir del año 2015. El rendimiento de las plantas evaluadas ha aumentado hasta en un 11 % con respecto al año 2012 (**Tabla 7.3**).

Tabla 7.3. Producción anual de café en San Martín, periodo de 2012 al 2016.

Periodo de producción anual de café en plantas de caturra roja (toneladas ha^{-1} año)					
Año	2012	2013	2014	2015	2016
Producción	1.465	1.496	1.499	1.634	1.699

7.7.3.4. Limitaciones e interacciones

Los estudios sobre las medidas adoptadas se encuentran aún en proceso, y todavía no se cuenta con información referente a la cantidad de años que podrían aprovecharse los brotes en las plantas matrices. La estrategia involucra el uso de tecnologías a través de jardines clonales para que perdure la disposición de material genético.

7.7.3.5. Lecciones identificadas

La adopción depende de la participación de productores con amplia experiencia y conocimiento de los sistemas de producción de cafetales (**Figura 7.12**). La conservación de las



Figura 7.11. Jardín clonal (izda.) y clon enraizado (dcha.) en instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Fuente: IIAP, 2015.



Figura 7.12. Selección participativa de plantas matrices de café y plantas seleccionadas con producción de brotes, en Tarapoto, San Martín (Perú).

variedades de café permite continuar con las tradiciones en el manejo y mantener los estándares de calidad de taza. Los productores podrán disponer de material genético en sus propias fincas y establecer sus propios bancos de germoplasma *in situ,* con plantas matrices que toleran la roya en su respectivo test. Del mismo modo, podrán generar nuevos ingresos con la venta de material genético para los viveros e interesados locales.

7.7.4. Diversificación de cafetales con aguacate en México

7.7.4.1. Resumen del caso

En Huatusco, Veracruz, México, existe alta presión socioeconómica por abandonar las fincas de café. La diversidad de problemas generados por roya amarilla propicia el abandono o cambio a otros sistemas de producción. En los últimos años, en México se ha apostado por la renovación de cafetales con variedades tolerantes a roya. Sin embargo, se requiere un manejo agronómico exigente y demandante tanto en insumos como en actividades silvícolas. Esta demanda es poco satisfecha por los productores, por lo que actualmente se está generando fuerte presión socioeconómica para promover la combinación de cafetales con el cultivo por aguacate, dado su atractivo valor comercial y las condiciones edafo-climáticas óptimas en el estado de Veracruz. El manejo de podas del aguacate permite el ingreso de luz y ventilación dentro del sistema cafetalero, promoviendo el microclima no favorable para la proliferación y germinación de la roya, así como la conservación de cafetales tradicionales. Se demostró que la asociación aguacate-café brinda una alternativa económica al productor y su familia, con beneficios variados entre los que sobresale la generación de ingresos que podrán atenuar los cambios en el precio del café, así como los impactos por disminución en rendimientos por las variaciones climáticas.

7.7.4.2. Introducción a la problemática del caso

La proliferación de roya amarilla se atribuye principalmente a las variaciones climáticas que impactan en la región. Se sabe que precipitaciones por debajo de 1.500 mm y con distribución errática afectan a la producción de flores, mientras que con precipitaciones superiores se puede dañar la calidad física del grano de café y la calidad en taza se deteriora (Morfin *et ál.,* 2006). En el caso de temperaturas mayores de 23 °C se pueden marchitar los botones florales, y cuando la temperatura es menor a 10 °C, se produce clorosis y se detiene el crecimiento de la planta (Alejo, 2000). Los brotes de roya amarilla se dan cuando las variaciones climáticas propician ambientes muy húmedos en las hojas del cafeto (capa de agua parecida al rocío) y temperaturas oscilantes entre 16 y 28 °C por periodos diarios de 6 a 12 horas (Castro *et ál.,* 2009), entre otros.

En estudios del efecto de la temperatura sobre la germinación de las uredosporas de roya, *Hemileia vastatrix,* en medios de papa, dextrosa y agar (PDA) y discos de hoja, se encontró que la temperatura óptima para la germinación fue de 22 °C, con una mínima de 15 °C y una máxima de 29 °C. Sobre discos de hojas se encontró un comportamiento bimodal con dos picos: uno a los 21 °C y otro a los 25 °C, separados ambos por una marcada depresión de la germinación entre los 23 y 24 °C. Se encontró, además, que cuando las uredosporas son sometidas a temperaturas bajas seguidas por temperaturas más elevadas y humedad favorable, hay un sensible aumento en la capacidad de germinación en comparación con la que se da con las temperaturas constantes (Avelino *et. ál.,* 1999).

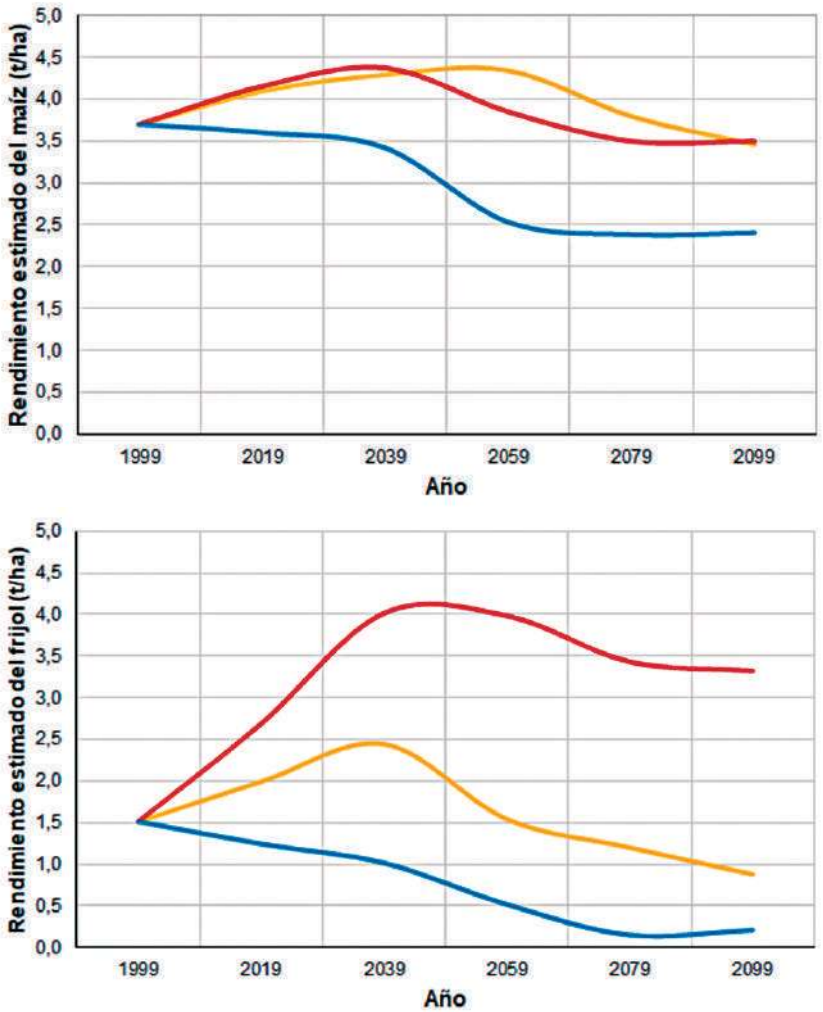


Figura 7.13. Rendimientos estimados para maíz (arriba) y frijol (abajo) al considerar cambiar la fecha de siembra (línea amarilla); cambiar la fecha de siembra y mantener residuos de cultivos (línea roja); o solo mantener residuos (línea azul).

Existen productores de café que cambiaron totalmente sus fincas de café por huertas de aguacate. No obstante, después de seis años de producción de aguacate como monocultivo, ahora están retomando el cultivo del café y la introducción de algunos otros frutales. Esto es debido a que los productores afirman que los cafetales, a pesar de que producen poco, permiten el crecimiento de otros frutales o plantas ornamentales, como orquídeas, y atraen cierta fauna típica en el ámbito culinario tradicional. Sin embargo, han señalado que es complicado abandonar totalmente la inversión en aguacate.

Un ejemplo del éxito de la diversificación de fincas de cafetales con aguacate es la del productor Luis Alvarado N. Se ubica en el municipio de Huatusco en el estado de Veracruz. El arreglo de 10 x 10 m de aguacate se asocia con café a 1 x 1,5 m. En esta parcela la asociación ha llegado a ser rentable, puesto que ambos cultivos no compiten debido a su arreglo espacial. Además, el manejo de podas del aguacate permite el ingreso de luz y ventilación dentro del sistema cafetalero, promoviendo el microclima no favorable para la proliferación y germinación de la roya, así como la conservación de cafetales tradicionales.

7.7.4.3. Descripción del caso

En palabras del productor, el retorno del café en las huertas de aguacate genera ingresos extraordinarios de poco más de 2.500 dólares adicionales por año (considerando el tipo de cambio de 19,5 pesos mexicanos por dólar, en mayo de 2018). Es decir, la asociación aguacate-café incrementa considerablemente el ingreso familiar al compararse con el policultivo tradicional de café (**Tabla 7.4**). Los resultados muestran que la asociación de cultivos con alto valor comercial en el mercado permite al productor sobrellevar la dinámica de las variaciones climáticas sin afectar demasiado su flujo económico. Del mismo modo, se contribuye a la conservación de cafetales tradicionales, cuya diversificación es importante para el desarrollo de actividades tradicionales, como la obtención de plantas medicinales, plantas alimenticias y otras usadas en la cocina, plantas ornamentales e insectos comestibles, entre otros productos.

7.7.4.4. Limitaciones e interacciones

El porte a largo plazo de material vegetal generado por los árboles es menor y podría disminuir, ya que la densidad de siembra es baja (de 20 a 30 árboles por ha^{-1}) en comparación con cafetales tradicionales sin aguacate (entre 60 y 100 árboles por ha^{-1}). Sin embargo, no existen registros sobre la producción de biomasa de la presente asociación y su impacto en el almacén de carbono ni del efecto en el ciclo del nitrógeno. Este es un tema que continúa en investigación en la finca y los autores esperan tener resultados más concluyentes muy pronto.

7.7.4.5. Lecciones identificadas

La asociación aguacate-café brinda alternativa económica al productor y a su familia. Para que los productores la consideren, deben conocer la aptitud y viabilidad de los culti-

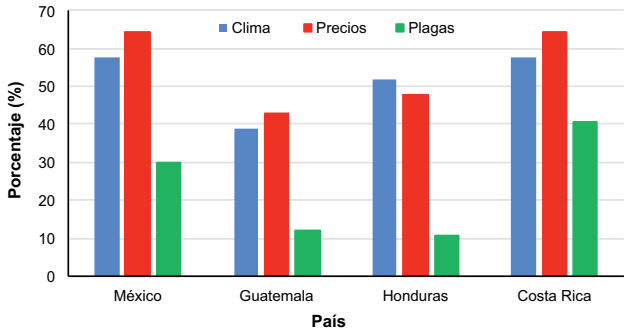


Figura 7.14. Frecuencia con la que los principales factores de cambio global (clima, precio y plagas) impulsan a los productores de café a tomar diferentes acciones, expresada en %, para distintos países.

vos en la región donde se quiere introducir. Los beneficios son variados, pero sobresale la generación de ingresos que podrán atenuar los cambios en el precio del café, así como los impactos por disminución en rendimientos a causa de las variaciones climáticas. Los servicios ambientales en el cafetal pueden verse mejorados. Al igual que en otros países (**Figura 7.14**), la diversificación de productos dentro del sistema cafetalero permite que el productor se interrelacione con diversos mercados y, por tanto, genere redes locales.

7.7.5. Cambio en fecha de siembra para el aprovechamiento de la humedad en el centro de México

7.7.5.1. Resumen del caso

En la región de Texcoco, centro de México, los escenarios de cambio climático indican un retraso en el inicio de las lluvias, lo cual ha sido notado por los productores, con el fenómeno conocido como canícula o sequía intraestival. En 2014 se iniciaron actividades de sensibilización con los productores, mediante la implementación de las siguientes medidas: a) acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad; b) acciones para incrementar la resiliencia a los cambios, y c) acciones para reducir la exposición climática y sus riesgos. Una de las estrategias consiste en retrasar una o dos semanas (respecto a su forma tradicional) la siembra del frijol con el objetivo de buscar humedad en el suelo después de caídas las primeras lluvias. Esta medida de adaptación no está encaminada a mejorar los rendimientos ni aumentarlos considerablemente, sino más bien a atenuar la caída prevista del rendimiento. Los resultados son aún incipientes, pero alentadores, pues se han tenido cosechas similares a las observadas en el pasado.

Tabla 7.4. Producción e ingresos en pesos mexicanos (MNX) y en dólares estadounidenses (USD) para 2016 en diferentes sistemas de café y aguacate, finca de Luis Alvarado N., Huatusco, México. Fuente: elaboración propia con información del ciclo productivo 2015-2016.

Tipo de asociación	Ingreso bruto en MNX y USD por ha -1 en el año 2016
Aguacate-café	51.000 MXN (2.615 USD)
Aguacate como monocultivo	44.000 MXN (2.250 USD)
Café en sistema policultivo tradicional	12.600 MXN (646 USD)

7.7.5.2. Introducción a la problemática del caso

Escenarios de cambio climático en Texcoco, en el centro de México, sugieren modificaciones importantes en la temperatura, así como en la cantidad y distribución de la lluvia. Algunos de estos han sido modelados para diversos cultivos en México y los resultados arrojan panoramas poco alentadores en la mayoría de los casos (Monterroso *et ál.,* 2018). En el caso del municipio de Texcoco, la precipitación media anual es de poco más de 600 mm. Las proyecciones futuras indican que es probable que cambie poco (± 50 mm), pero sí que se modifique su distribución anual (**Figura 7.15**). El inicio de las lluvias normalmente se presentaba en los meses de abril o mayo y se establecía hacia junio. De ahí que se empezara con la preparación del terreno hacia finales de marzo y se sembrara de inicios a mediados de abril. Los escenarios de cambio climático indican un retraso en el inicio de las lluvias, lo cual ha sido notado por los productores. Incluso se prevé que en pleno ciclo del cultivo disminuya la precipitación bajo el fenómeno conocido como canícula o sequía intraestival. Otra amenaza que se vislumbra es un ligero aumento de lluvia en los meses de agosto a octubre, durante la formación y maduración del grano.

7.7.5.3. Descripción del caso

Mediante trabajo participativo se estudia la diversidad de elementos en los sistemas de producción tradicionales de la región. Es de resaltar el estudio de impactos del cambio climático en los rendimientos de diversos cultivos en México, con apoyo de la Universidad Autónoma Chapingo. Los cambios antes señalados comienzan a ser cada vez más evidentes. Los productores lo notan y en entrevistas indican que perciben variaciones en el inicio de las lluvias, más temperatura y calor, así como más frío en los meses de invierno. Por ello, han comenzado a realizar actividades para disminuir los impactos con foco principal en el cambio de fecha de siembra, buscando aumentar la resiliencia.

Los resultados indican que la región es altamente vulnerable al cambio climático, por lo que desde el año 2014 se iniciaron actividades de sensibilización con productores mediante la implementación de diversas acciones que per-

miten hacer frente a los retos que el cambio climático plantea (IPCC, 2014): a) acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad; b) acciones para incrementar la resiliencia a los cambios, y c) acciones para reducir la exposición climática y riesgos. En este documento nos enfocamos en el cambio en la fecha de siembra que busca aumentar la resiliencia del cultivo y, por ende, de los productores.

7.7.5.4. Limitaciones e interacciones

En lo que se refiere a la actividad productiva, dos cultivos son tradicionales en la región, el maíz y frijol. Como se indicó previamente, se siembra de inicios a mediados de abril. Sin embargo, en algunas regiones del estado se recomienda sembrar incluso desde marzo, pero no más allá de junio. En promedio para la región, se tienen 2.850 kg de rendimiento por hectárea para maíz y 1.220 kg para frijol. Las diversas simulaciones realizadas señalan severas afectaciones sobre el rendimiento de los cultivos (**Figura 7.13**). Esto se debe al estrés hídrico por cierre de estomas (47 a 51 %) y, aunque en menor grado, al estrés por temperatura (3 %); la suma global explica el porqué de una producción de grano futura casi inexistente en ambos casos.

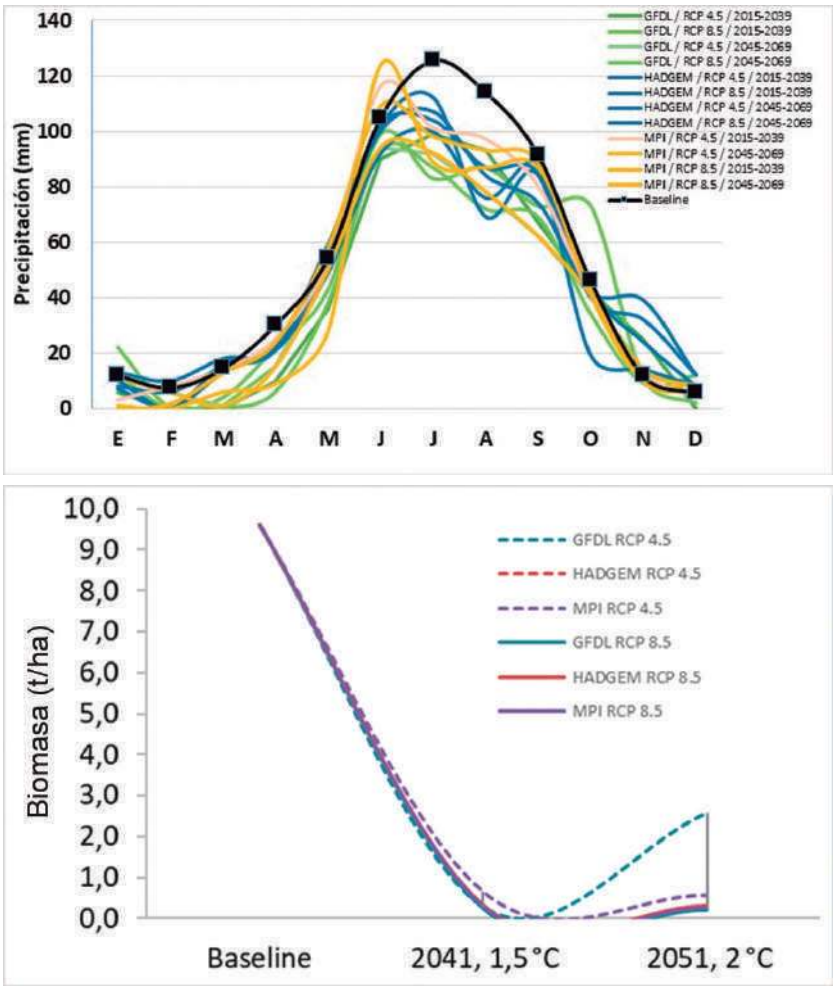


Figura 7.15. Proyecciones de comportamiento de precipitación para el centro de México (arriba) y potencial de formación de biomasa (abajo).

La estrategia de cambiar la fecha de siembra es para buscar humedad en el suelo después de caídas las primeras lluvias. Es decir, retrasar una o dos semanas (respecto a su forma tradicional) la siembra esperando que para entonces ya se hayan producido las primeras lluvias de la temporada. Como se prevé, la medida de adaptación no está encaminada a mejorar los rendimientos, sino más bien a atenuar la caída prevista del rendimiento.

7.7.5.5. Lecciones identificadas

Se han tenido cosechas similares a las observadas en el pasado, pero se considera que es poco tiempo para tener resultados concluyentes. Particularmente se espera contar con información que provea evidencias y diferencias estadísticamente significativas entre fechas de siembra y rendimientos. No se tienen contemplados posibles efectos colaterales ni impactos negativos, pero es posible que se observen cambios en la incidencia de plagas o enfermedades por la modificación en la distribución espacial y temporal de la lluvia, lo que sugiere continuar con los estudios. Para su adopción, se debería contar con información de proyecciones de precipitación como medida de información base en la toma de decisiones.

7.7.6. Promoviendo la agricultura sostenible adaptada al clima en Centroamérica y Caribe y el oeste de Sudamérica

7.7.6.1. Resumen de los casos

Estos casos presentan trabajos que el programa de investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Segu-

ridad Alimentaria (CCAFS) y sus socios han realizado en diferentes regiones de Centroamérica (El Tuma-La Dalia en Nicaragua, y Trifinio, compartida por El Salvador, Guatemala y Honduras) y el oeste de Sudamérica (Cauca en Colombia) en el marco del programa de los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC). Estos territorios constituyen espacios para que diferentes actores (agricultores, investigadores, gobierno, sector privado, sociedad civil) en un territorio codesarrollen, prueben, adopten y evalúen portafolios de opciones de agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC). Estas opciones buscan promover una agricultura que cumpla con tres objetivos: (a) aumentar de forma sostenible la productividad agropecuaria y los ingresos; (b) adaptar y desarrollar resiliencia al cambio climático, y (c) reducir o remover las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) cuando sea posible (Lipper *et ál.,* 2014). La agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC) también se promueve como agricultura climáticamente inteligente (ACI), una traducción literal del concepto de la FAO en inglés *climate-smart agriculture.*

7.7.6.2. Introducción a la problemática de los casos

El municipio de El Tuma-La Dalia está ubicado en el noroeste del departamento de Matagalpa, Nicaragua. Posee una población muy joven, donde más del 52 % es menor de 16 años, predominantemente rural. La región del Trifinio está localizada en la zona fronteriza de El Salvador, Guatemala y Honduras, y comprende un total de 45 municipios de los 3 países, en áreas que forman parte del Corredor Seco latinoamericano (Van der Zee *et ál.,* 2012). En el caso del Cauca, Colombia, el TeSAC está ubicado en el área de Los Cerrillos, que pertenece al área rural de Popayán, la ciudad capital del departamento.

Todas las regiones comparten condiciones climáticas propias de bosque tropical y subtropical, semihúmedo a húmedo, donde los retos clave incluyen la existencia de lluvias erráticas, largos periodos de sequía, lluvias muy intensas, inseguridad alimentaria, agricultores vulnerables a eventos climáticos extremos y con alto grado de pobreza, monocultivo de café, y agricultura de subsistencia con cultivos como maíz, frijol, caña panelera, ganadería de subsistencia y huertos. Los principales problemas radican en prácticas comunes como las quemas y los cultivos temporales sin obras de conservación, con amenazas de deslizamientos por deforestación. El deterioro del medio ambiente se agudiza con acciones como las quemas y la deforestación, que en combinación con las prácticas culturales de labores del suelo han ocasionado erosión, contaminación y desabastecimiento o excesos hídricos.

7.7.6.3. Descripción de los casos

El proceso en el TeSAC comenzó por asimilar y entender lo que el clima y sus cambios significan para la población del pueblo y sus medios de vida. Por medio de este proceso, la misma comunidad desarrolla un análisis de la vulnerabilidad en su finca con el fin de entender las amenazas e identificar las acciones para reducir dicha vulnerabilidad (**Figura 7.16**).

En el caso de El Tuma-La Dalia, Nicaragua, se comenzó por generar una línea de base a nivel de hogares, comunidades y organizaciones. A partir de esta línea de base se logró identificar que, aunque la zona se destaca por la siembra de



Figura 7.16. Proceso de priorización de opciones de ASAC en el TeSAC. Fuente: Cramer *et ál.,* 2017.

granos básicos, especialmente maíz y frijol, el 40 % de los hogares entrevistados mencionó tener de uno a dos meses de dificultad para satisfacer sus necesidades de alimentación y el 47 % dijo que entre tres y cuatro meses del año se les complica conseguir alimento para la familia.

Dada esta problemática, en el territorio se han implementado diferentes acciones:

- Implementación de prácticas ASAC en patios y diversos sistemas productivos, y evaluación participativa masiva con variedades de frijol adaptadas a la variabilidad climática y a la sequía.
- Elaboración de un portafolio de prácticas ASAC a través de la metodología del marco de priorización desarrollada por CCAFS y CATIE (Mercado *et ál.,* 2017).
- Implementación de herramientas para mejorar la toma de decisiones productivas de los agricultores del TeSAC.
- Capacitación de instituciones estratégicas en el uso de *software* y rutinas especializadas para generar predicciones climáticas, modelamiento de erosión hídrica y escorrentía.

Estas acciones se están materializando por medio de la implementación de medidas específicas de adaptación: monitoreo de las variables a nivel de finca (precipitación, temperatura y humedad) y la participación en la Mesa Técnica Agroclimática del Cauca, cosecha de agua de lluvia, construcción de huertas verticales, circulares y tradicionales, biodigestores y evaluación de variedades mejoradas de frijol, entre otros (Aggarwal *et ál.,* 2018). Además, se está trabajando con los jóvenes a través del entrenamiento en comunicación y sistemas de información geográfica, y al mismo tiempo las instituciones académicas de la comunidad a nivel municipal están sirviendo como enlace con la política nacional (Aggarwal *et ál.,* 2018).

El seguimiento y la evaluación de las prácticas priorizadas por la comunidad se están desarrollando dentro de una plataforma de innovación constituida por diversos actores que apoyan este trabajo en el territorio. Es así como se incluyen indicadores relativos a la mejora del rendimiento, la productividad, la diversificación y también los relacionados con la evolución y la dinámica de la propia plataforma (Aggarwal *et ál.,* 2018).

7.7.6.4. Limitaciones

Las principales limitaciones que CCAFS encontró en sus trabajos en el TeSAC de El Tuma-La Dalia y de Trifinio se relacionan con factores como los siguientes: a) el contexto político nacional que genera instituciones departamentales y municipales altamente burocratizadas, dando lugar a un proceso de apropiación del programa lento y con compromiso bajo, que provoca que ocasionalmente el trabajo se obstaculice por completo; b) las condiciones de pobreza y una acción del Estado predominantemente asistencialista que se activa y concentra durante los periodos electorales, con autoridades locales cuyas prioridades y financiamiento no consideran la financiación de los asuntos relacionados con el desarrollo rural y ambiental, y c) baja articulación entre actores estatales, con instituciones sin personal suficiente para atender la demanda de la población, con lo que se dificulta el aprovechamiento de las potenciales sinergias del programa TeSAC.

Por otra parte, las comunidades, especialmente en Olopa, son principalmente indígenas. Los roles de los individuos en estas comunidades suelen estar muy diferenciados (p. ej., hombre/mujer). Es alarmante el elevado analfabetismo en las mujeres. Esta situación ha direccionado en gran medida el diseño de las acciones a implementar en el territorio. Se encuentran problemas como la falta de recolección y almacenamiento adecuado de residuos, así como de organización para separar adecuadamente los diversos usos dentro de los predios. Por eso en un mismo espacio se pueden encontrar el área familiar, los animales domésticos, los animales de cría, etc. Todo ello implica un trabajo previo de concienciación antes de iniciar la implementación de prácticas ASAC.

De las limitaciones más importantes que el TeSAC del Cauca ha enfrentado en el contexto de su trabajo sobresale el conflicto interno colombiano. El departamento del Cauca es uno de los más afectados por este fenómeno, lo que en ocasiones limita la realización de actividades y el acceso al territorio. Coincide con Centroamérica en la alta desarticulación entre las instituciones nacionales del Estado y las comunidades. Por tanto, se hace necesario fortalecer la gestión de los líderes locales para lograr incidir y dar a conocer el proceso TeSAC. Finalmente, el acceso a redes móviles e internet es limitado, lo cual dificulta el uso de aplicaciones virtuales para realización de encuestas, registro automatizado de información climática, etc.

7.7.6.5. Interacciones y cobeneficios

Con base en la herramienta de priorización desarrollada por CCAFS (arriba mencionada), se analizaron las prácticas de ASAC que se presentan en la **Tabla 7.5** para los casos de Nicaragua y Trifinio. Se encontró que todas las prácticas hacen contribuciones a los tres pilares de la ASAC (productividad, adaptación y mitigación). Sin embargo, dicha contribución varía entre prácticas. Por ejemplo, las prácticas evaluadas referentes a pasturas tienen un efecto fuerte sobre la productividad y la adaptación, pero inciden menos en la mitigación, a excepción de las prácticas de pasturas mejoradas con árboles y cercas vivas, que mostraron un efecto positivo sobre el pilar de mitigación. De igual manera, las prácticas de patio/huerto casero tienen un efecto fuerte sobre la productividad y la adaptación, pero menor resultado sobre la mitigación, a excepción de la práctica de siembra y manejo de árboles frutales en patios, que también tiene un alto efecto sobre la mitigación. Las prácticas de granos básicos aportan a los tres pilares de la ASAC, pero en general tienen muy poco efecto sobre la

Tabla 7.5. Lista de prácticas ASAC en Nicaragua y en Trifinio. Fuente: Mercado *et ál.,* 2017.

Patio/huertos caseros	Granos básicos
Diseño de patios Siembra y manejo de hortalizas Siembra y manejo de raíces y tubérculos Siembra y manejo de cultivos en ramadas Siembra y manejo de especies frutales Elaboración y uso de abonos orgánicos Producción artesanal de semillas de hortalizas Alimentación y producción de aves Elaboración y uso de productos biológicos, botánicos y minerales para el control de plagas Alimentación y producción de aves	Leguminosas en asociación con maíz Barreras vivas en granos básicos Árboles dispersos en granos básicos Labranza mínima en maíz y frijol Selección de semillas Manejo poscosecha de granos básicos No quema y manejo de rastrojos Almacenamiento de granos para consumo y para semilla (manejo poscosecha)
Sistemas agroforestales (SAF) con café o cacao	**Pasturas/ganadería**
Diseño de SAF con café y cacao diversificados Establecimiento y manejo de SAF con café y cacao Nutrición de cafetales y cacaotales Manejo de árboles dentro del SAF Manejo de plagas en cafetales Manejo de plagas en cacaotales Manejo de tejidos en cultivos perennes Selección de plantas élites de cacao para obtención de semillas y material vegetativo Uso de variedades de café resistentes a la sequía	Establecimiento de cercas vivas en pasturas Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas con árboles Establecimiento y manejo de pastos de corte Sistemas rotacionales (división de potreros) Árboles dispersos en pasturas a través de regeneración natural Ensilaje de pastos
Protección de fuentes de agua. Esta práctica puede aplicarse a cualquiera de los sistemas productivos	

mitigación, a excepción de la práctica manejo de árboles dispersos con granos básicos. Finalmente, las prácticas del sistema agroforestal con café y cacao son las que presentan un mayor impacto potencial positivo en los tres pilares de la ASAC (Mercado *et ál.,* 2017).

En el caso del TeSAC del Cauca, Colombia, no solo se trata de adaptación al clima; también contribuye a reducir las emisiones de GEI. En todas las fincas encuestadas, por lo menos existe una estrategia o práctica implícita de mitigación. El programa TeSAC ha promovido la reducción de emisiones de GEI vía cambios en el uso del suelo relacionados con la diversificación de cultivos para la seguridad alimentaria y a través de la eliminación de fertilizantes adoptando, en estos cultivos, un enfoque orgánico.

En la mitad de las fincas encuestadas se dejaron de practicar quemas como método de preparación del suelo gracias a la información recibida en las escuelas de campo del TeSAC. El 70 % de las fincas encuestadas tuvieron un cambio en la forma de manejar los residuos de cosecha y actualmente realizan un proceso de compostaje más controlado. En la actualidad, los residuos de cosecha en las fincas encuestadas son aprovechados en su gran mayoría para la elaboración tanto de compost como de biofertilizante líquido. Finalmente, la totalidad de fincas encuestadas manifiestan que no planean deforestar y un poco menos de la mitad han empezado a sembrar cercas vivas, apoyadas por el programa TeSAC.

7.7.6.6. Lecciones identificadas

Dentro de las principales lecciones aprendidas del trabajo se encuentra la de la selección de socios estratégicos locales. En el caso de Olopa, gracias a la gestión del socio estratégico, se logró la conexión con la Mesa Agroclimática de Chiquimula y el proceso del TeSAC quedó como un componente estratégico para alimentar dicha iniciativa. De igual manera, una lección importante es la de mantener una perspectiva más amplia que la del área de trabajo del TeSAC, considerando otros procesos que involucran territorios vecinos. Por otra parte, la realización de un diálogo fluido entre investigadores y comunidades es clave para generar y compartir conocimiento que luego sea implementado, incluso una vez que CCAFS ya no esté allí.

Otra lección relevante es la relacionada con reconocer la importancia de la articulación de los programas TeSAC con la política nacional para un desarrollo exitoso del proceso. Finalmente, es importante hacer seguimiento permanente a los socios clave involucrados en el proceso, pues, por la alta incidencia política, se pueden obstaculizar los procesos. La participación de autoridades locales y departamentales en las actividades del proceso TeSAC genera arraigo y empoderamiento para promoverlo en instancias nacionales de formulación e implementación de política.

7.7.7. Uso eficiente de agua en el cultivo de arroz en Colombia

7.7.7.1. Resumen del caso

Las áreas del cultivo del arroz en Colombia se encuentran bajo una amenaza muy alta frente a los escenarios de cambio climático, dado que el sector arrocero es el mayor consumidor de agua y de agua de riego de la agricultura colombiana, lo cual sucede con una elevada ineficiencia en el caso del riego por gravedad. Se trabajó en la generación de predicción climática y posteriormente en la modelación de cultivos con el fin de generar recomendaciones agroclimáticas para brindar información a los productores sobre mejores fechas de siembra y variedades, y se realizaron mediciones de consumo de agua en arroz en sistemas convencionales y en sistemas alternativos de bajo consumo de agua. Toda esta información y herramientas fueron incluidas en un programa de Fedearroz, denominado Adopción Masiva de Tecnología (AMTEC), basado en hacer un proceso de transferencia de tecnología mediante la conformación de grupos de productores en fincas piloto. Una de las grandes limitaciones para la aplicación de esta tecnología tiene que ver con la forma en que actualmente se distribuye el agua en los distritos de riego en Colombia, donde muchos productores han adquirido derechos históricos de uso y a un costo del agua muy bajo. Pese a todo, el programa aplicado brinda un margen grande de acción para adaptarse al cambio climático solo implementando buenas prácticas agronómicas, que desde hace mucho se vienen recomendando a los productores.

7.7.7.2. Introducción a la problemática del caso

En el año 2016 se sembraron 570.802 ha de arroz mecanizado en Colombia, con un rendimiento promedio de 5,7 t ha^{-1} (DANE-Fedearroz, 2016), de las cuales el 49 % se sembraron bajo riego y el resto, bajo secano. El área sembrada de arroz bajo riego en el primer y el segundo semestre básicamente no varía, pero representa el 35 % del área sembrada de arroz en el primer semestre y el 80 % del segundo semestre, ya que el 70 % del área sembrada de arroz en Colombia se siembra durante el primer semestre (DANE-Fedearroz, 2016). Esto indica que en gran parte del país las condiciones de lluvia en el segundo semestre no favorecen las siembras bajo secano.

El sector que mayor consumo de agua reporta en Colombia es el de la agricultura (43 %), y el arroz de riego consume el 13 % del agua de riego de toda la agricultura en Colombia (IDEAM, 2018). Según González *et ál.* (2010), el agua empleada en arroz de riego es de 16.000 m^3 por hectárea por cosecha, y de estos solo son consumidos de forma efectiva por el cultivo un 30 %, dada la ineficiencia del riego por gravedad.

Según IDEAM *et ál.* (2017), en términos generales, las áreas del cultivo de arroz en Colombia se encuentran bajo una amenaza muy alta frente a los escenarios de cambio climático, la sensibilidad del cultivo es alta y la capacidad de adaptación es baja. De acuerdo con Ramírez-Villegas *et ál.* (2012), en tres décadas, un 65 % de las actuales áreas cultivadas de arroz en Colombia tendrán incrementos de temperatura entre 2 y 2,5 °C y el 61 % de las áreas tendrán una reducción de más del 3 % en la precipitación, lo que ocasionará cambios en la fenología del cultivo y una disminución en el rendimiento. Este panorama muestra la necesidad de tomar medidas de adaptación para el cultivo de arroz en Colombia que permitan enfrentar los cambios en las demandas hídricas agrícolas y, por lo tanto, urge mejorar la eficiencia de uso del agua y el empleo de información agroclimática.

7.7.7.3. Descripción del caso

En un trabajo mancomunado entre el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y La Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz), se inició la recopilación y análisis de información climática de las zonas productoras de arroz en Colombia, luego se trabajó en la generación de predicción climática y, posteriormente, en la modelación de cultivos con el fin de generar recomendaciones agroclimáticas para brindar información a los productores sobre mejores fechas de siembra y variedades (ver https://pronosticos.aclimatecolombia.org/). Igualmente, se realizaron mediciones de consumo de agua en arroz bajo sistemas convencionales y con sistemas alternativos de bajo consumo de agua. En el sistema convencional se registró una entrada de agua de 15.635m^3/ha por cosecha y una salida de 5.286 m^3/ha por cosecha, mientras que en lotes en los cuales se realizaron labores de adecuación de tierras (incluyendo la revisión de las cotas de entrada y salidas del agua, aumentos en el número de entradas del agua, aumentos en la densidad de siembra y reducción del área bajo riego, construcción de caballones permanentes, recolectores y distribuidores de agua, construcción de bordes o caballones dobles rodeando el lote, mantenimiento de canales de riego y de drenaje, descompactación de la profundidad efectiva, micronivelación, ubicación de los puntos a curva nivel con equipos de precisión y taipa) la entrada de agua registrada fue de 9.069 m^3/ha por cosecha y el agua registrada a la salida fue de 3.829 m^3/ha por cosecha.

Toda esta información y herramientas fueron incluidas en un programa de Fedearroz denominado Adopción Masiva de Tecnología (AMTEC). Este programa tiene como objetivo mejorar la competitividad del sector mediante la adopción masiva de la tecnología existente (Fedearroz-FNA). De este modo, junto con otras tecnologías sobre manejo del cultivo, se adicionaron estas nuevas tecnologías desarrolladas en el marco de la cooperación CIAT-MADR-Fedearroz. La metodología del programa AMTEC consiste en hacer un proceso de transferencia de tecnología a través de los siguientes

pasos: 1) conformar grupos de productores para implementar en fincas piloto los avances tecnológicos que beneficien a la región; 2) diseñar un programa de manejo agronómico regional; 3) socializar el proyecto AMTEC entre los productores; 4) conformar con el Gobierno central la financiación de maquinaria agrícola para implementar las nuevas prácticas, y 5) capacitar a los productores en la implementación de nuevas tecnologías que garanticen la sostenibilidad del entorno productivo e impulsar la conservación de los recursos (Fedearroz, 2012). En el año 2017 el programa alcanzó una cobertura del 53 % de las hectáreas sembradas de arroz mecanizado en Colombia (Guzmán *et ál.,* 2018).

Igualmente, con el apoyo de CIAT-CCAFS, se conformaron Mesas Técnicas Agroclimáticas (Loboguerrero *et ál.,* 2018), que son espacios para dialogar sobre la información agroclimática entre funcionarios de instituciones, técnicos y productores de una región con el fin de definir recomendaciones de manejo a partir de una mejor información agroclimática. Esto ha ayudado a que los productores de arroz y otros cultivos eviten pérdidas por eventos extremos (ver https://lasillavacia.com/historia/los-arroceros-aprenden-vivir-en-un-mundo-con-menos-agua-52478).

7.7.7.4. Limitaciones e interacciones

Como se ha dicho, una de las grandes limitaciones para la aplicación de esta tecnología tiene que ver con la forma en que actualmente se distribuye el agua en los distritos de riego de Colombia, ya que muchos productores han adquirido derechos históricos de uso y el costo del agua es muy bajo, y por esta razón prefieren seguir utilizando más agua de la que requieren con el fin de conservar los derechos de agua que históricamente han empleado, con el argumento de que algún día la pueden llegar a necesitar (sembrar más área de la habitual o quizá emplearla para otros cultivos que requieran riego). La otra dificultad está en que, a pesar de existir una legislación vigente, todavía es común la construcción de canales y el uso ilegal del agua.

Algunos productores se empeñan en mantener sistemas convencionales ineficientes en el uso del agua, esperando otro tipo de soluciones que tienen que ver con ampliaciones de los distritos de riego, construcción de diques o aumento en las captaciones de agua. En resumen, siguen creyendo que el problema está en incrementar la oferta de agua sin considerar toda la ineficiencia que existe desde el lado de la demanda. Al reducir la lámina de agua y una mayor intermitencia en el riego se logra aminorar las emisiones de metano, un uso más eficiente de la fertilización y una menor presencia de vectores de enfermedades humanas (Chirinda *et ál.,* 2017).

7.7.7.5. Lecciones identificadas

Existe mucha preocupación entre los productores por las amenazas que trae consigo el cambio climático, pero también es cierto que son muchas las mejoras que se pueden llevar a cabo en el manejo del cultivo y que los productores no están implementando. En este sentido, hay un margen grande de acción para adaptarse al cambio climático solo llevando a cabo buenas prácticas agronómicas que desde hace mucho se vienen recomendando a los productores.

7.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

Una gran parte de los países que integran la RIOCC se caracterizan por moderados y bajos índices de desarrollo social y económico, lo cual se refleja también en el desarrollo de su sistema de ciencia y técnica. A diferencia de lo que sucede en los países denominados desarrollados, una parte importante de la bibliografía científica no se canaliza por canales reconocidos, como son las revistas científicas de alto impacto, sino a través de bibliografía en español, o incluso de la denominada bibliografía gris. Tampoco hay un acceso tan fácil a esa bibliografía científica en inglés como en los países desarrollados. Pese a todo, y tal como demuestra este mismo estudio, en los últimos años toda la región aumentó su participación en las publicaciones internacionales, a menudo con investigaciones realizadas en colaboración con otros centros de excelencia.

Una característica que ha tenido esta revisión ha sido la de intentar llegar a una gran parte de las publicaciones que pasan por canales menos reconocidos o menos accesibles. La calidad de muchas de esas publicaciones —en las lenguas locales, español y portugués— es buena, y de ellas se ha podido acceder a experiencias locales, a menudo realizadas por productores locales y campesinos. Dar visibilidad a buena parte de esta producción es quizá un mérito de este estudio, pues puede servir de base para consulta para otros investigadores y tomadores de decisiones políticas y técnicas.

De la revisión realizada, existen producciones a las que se ha prestado especial atención por los riesgos que conlleva el cambio climático. Este es el caso, por ejemplo, y muy marcadamente, del café, cuya producción genera trabajo, formas de vida e ingresos económicos a mucha población rural desde México, Centroamérica y el Caribe, las regiones Andinas Pacífico-Norte y Sur hasta una gran parte del Brasil en su Amazonia y Nordeste. Además de los ingresos que supone para las poblaciones rurales, el café es en algunos casos un componente importante de los saldos de exportación de los países que lo producen. Hay otros ejemplos de agricultura campesina o de subsistencia en esas mismas regiones, con cultivos como el frijol o el maíz. Del mismo modo, existen importantes medidas de adaptación encaradas en la agricultura de tipo empresarial, la cual predomina en el sudeste de Sudamérica, con producciones de soja, arroz y caña de azúcar, entre otras, y en la Península Ibérica en producciones de carácter mediterráneo, como el olivo,

el viñedo, los cítricos, los frutales de hueso y pepita y las explotaciones hortícolas de diversa índole, por citar las más representativas.

Es probable que una de las principales lagunas de conocimiento sea conocer el impacto o el resultado que han tenido las medidas de adaptación encaradas, y de aquí surge una de las principales líneas de acción prioritarias para el futuro. La escasez de información en cuanto a resultados tiene que ver a veces con el escaso tiempo transcurrido, que hace poco factible visualizar los impactos de medidas que se proyectan a mediano plazo. Una de las debilidades de muchos estudios es que no existen indicadores claros para evaluar dichos impactos, y a menudo se confunden los objetivos o deseos con los impactos reales. Los éxitos económicos muchas veces enmascaran los verdaderos resultados de los cambios de uso o adopción de nuevas prácticas.

Para finalizar, es necesario alertar sobre la necesidad de que estos estudios de impacto necesarios como líneas prioritarias contemplen la totalidad de los cobeneficios, pero también los eventuales efectos adversos. El sector agropecuario es pródigo en estas interacciones, donde a veces para salvar una situación se termina generando un daño ambiental no esperado, en aspectos cada vez más relevantes, como la preservación de la biodiversidad y la disponibilidad de agua de buena calidad. Un ejemplo claro son los riesgos que encarnan los cultivos bioenergéticos, que pueden amenazar en algunos casos la seguridad alimentaria y la biodiversidad y fomentar la degradación de las tierras.

Las líneas de actuación prioritarias deben estar focalizadas en proteger más eficazmente a los pobladores rurales más vulnerables, que son aquellos que están ocupando áreas de riesgo climático y geográfico, y aquellos de menores niveles de ingresos y acceso a la tecnología y los mercados. Existen varias medidas de adaptación posibles que ofrecen como ventaja varios cobeneficios y sinergias con las medidas de mitigación del cambio climático y la prevención de la degradación y de la inseguridad alimentaria (ver **Figura 7.5**). En términos generales, toda medida que tienda a ganar mayor resiliencia climática, como las agrupadas en la agricultura climáticamente inteligente o ACI, debería ser apoyada económicamente por organismos otorgadores de créditos o ayuda financiera. Por el contrario, deberían ser analizadas con precaución las medidas de adaptación que impliquen invadir nuevas tierras cubiertas por vegetación perenne o muy vulnerables climáticamente por la amenaza que representan a la biodiversidad.

Los agricultores de subsistencia tendrían que recibir mayor apoyo para semillas y tipos de ganado locales, así como mejor acceso a sistemas de pronóstico climático, a mercados y al crédito bancario para equipamiento a tasas preferenciales. A nivel institucional, los gobiernos deben fortalecer los servicios de extensión para lograr una llegada más directa a los agricultores más pobres. Otra medida interesante es el asociacionismo entre agricultores con similares intereses para lograr mejores precios de compra de insumos y mayor defensa de sus productos en los mercados.

Las principales medidas futuras a considerar son:

- Fortalecer los sistemas de I+D+i a fin de generar respuestas efectivas a nivel local o regional del tipo de variedades de cultivos y ganado adaptados al estrés térmico, hídrico y nuevas plagas. Además, promover el uso del conocimiento local y tradicional, así como las reservas de biodiversidad local que tienen muchos países RIOCC.
- Fortalecer los sistemas de alerta temprana locales ante fenómenos meteorológicos extremos (olas de calor, sequías, granizo, tormentas severas, heladas tempranas y tardías) y biológicos (irrupción de nuevas plagas y enfermedades). Facilitar el acceso a internet de la población en áreas rurales distantes de núcleos urbanos.
- En áreas de alta vulnerabilidad ante eventos meteorológicos extremos, como en las laderas montañosas tropicales proclives a deslizamientos de tierra ante tormentas y huracanes, combinar políticas que eviten o minimicen los deslizamientos bien mediante la construcción de represas, bien evitando la deforestación y falta de cobertura vegetal con cultivos como el banano. En muchas de estas áreas, se deben brindar opciones a los agricultores para que tengan medios de vida más seguros y redituables. La agricultura climáticamente inteligente puede ser una opción adecuada en muchos de estos casos.
- Implantación por las Administraciones, en sus distintos niveles (nacional, provincial y municipal), de políticas activas que fortalezcan los productos locales, con sellos distintivos del tipo de «lugares no deforestados», «productos bajos en carbono», «sin agroquímicos», etc., que permita una mayor conexión de los pobladores rurales con los mercados internacionales de nicho. El cooperativismo es una opción adecuada para que los pobladores implementen nuevos sistemas de producción que faciliten el logro de algunos de esos certificados ambientales.

7.9. Conclusiones

Los países que integran la RIOCC abarcan dos continentes y regiones de una enorme diversidad ambiental y humana. Esta diversidad debe ser tenida en cuenta cuando se analizan las medidas de adaptación al cambio climático y su posible efectividad.

Entre las amenazas climáticas identificadas predominan los aumentos de temperatura media y de mínimas diarias, junto con eventos climáticos extremos (p. ej., olas de calor, tormentas intensas, granizo, sequías, inundaciones, disminución de días con heladas, aumento de incidencia de plagas, etc.). Estos cambios del clima ya están sucediendo y se prevé que se intensifiquen en las próximas décadas, lo cual incrementa la necesidad urgente de adaptarse a ellos.

La vulnerabilidad existe, en primer lugar, porque hay poblaciones rurales expuestas en muchos de los países, a menudo con medios y elevados índices de pobreza y de desarrollo

socioeconómico. En segundo lugar, porque muchos de estos pobladores habitan áreas de riesgo, como laderas de montañas o planicies inundables, o poseen escasas posibilidades de acceso a recursos estratégicos, como agua de riego en cantidad y calidad, o tierras adonde desplazarse.

Con respecto a las medidas de adaptación tomadas, existen numerosos casos de intervención de los Estados nacionales, provinciales y municipales para medidas planificadas del tipo de obras de riego, represas y sistemas de pronóstico climático. Los agricultores han sido muy activos en adoptar medidas autónomas, que van desde las de tipo tecnológico, como los cambios de fecha y zonas de siembra o plantación, el sombreado para plantaciones y ganado doméstico, los abrevaderos de animales, a la adopción de germoplasmas nativos de cultivos y ganado local. Se observan también muchas experiencias de asociacionismo, a menudo autónomo, pero también con algún grado de intervención estatal.

La Península Ibérica, con España y Portugal, constituye un caso muy diferenciado con respecto a los países ubicados en el continente americano. En primer lugar, po que ambos países están integrados en la Unión Europea, que posee una política agrícola común (PAC). Esta política impone elevados niveles de regulación acerca de los cultivos que pueden producirse en cada región, así como de las prácticas agrícolas, ganaderas y ambientales que deben seguirse. En este contexto, los agricultores y ganaderos deben seguir unas prácticas concretas de gestión y manejo de sus explotaciones. Por ello las principales medidas de adaptación son de tipo planificado. Entre los riesgos más reportados se mencionan los aumentos de temperatura y sequías, que pueden afectar a producciones de enorme importancia, como los viñedos para vino, cultivos leñosos, como frutales y olivar, cultivos hortícolas o el pastaje de ganado doméstico, sectores todos ellos muy importantes para la economía española.

Existen muchas medidas de adaptación que exhiben claros cobeneficios con la mitigación del cambio climático o con la prevención de la degradación de tierras y la desertificación. Ello sucede a menudo porque estas medidas protegen los suelos, incrementando sus almacenes de carbono o disminuyendo sus tasas de erosión. Muchas de estas medidas se agrupan en un conjunto de prácticas conocidas genéricamente como agricultura climáticamente inteligente. Estas medidas buscan, en términos generales, generar una agricultura y ganadería climáticamente resilientes, de mayor diversidad y bajas en carbono.

Otras medidas de adaptación no van en este sentido y generan efectos adversos importantes. Un ejemplo manifiesto son los cambios de uso del suelo por avances en las zonas de cultivo, que generaron pérdidas de biodiversidad y de almacenes de carbono en pastizales o bosques. Otro ejemplo son los sistemas de riego que compiten con otros usos de agua para consumo humano o que deterioran los suelos por problemas de salinidad. Si no se presta debida atención a estos efectos adversos, los impactos negativos pueden exceder los eventuales beneficios buscados y en algunos casos hasta aparentemente obtenidos.

Por último, pero no menos importante, el estudio incluye siete casos de estudio que han permitido acceder a información de tipo local o regional de primera mano en temas tan representativos como los cambios de uso del suelo, la caficultura en distintos países, el cultivo de banano y la problemática del riego en los arrozales.

Preguntas frecuentes

1. ¿Cuáles son los principales riesgos climáticos a los que se exponen los pobladores rurales y productores agropecuarios, y de qué forma los afectan?

Los principales riesgos climáticos provienen de los denominados eventos extremos, que incluyen tormentas intensas, huracanes y ciclones, con el consiguiente riesgo de deslizamientos en áreas de montaña, sequías prolongadas, olas de calor e inundaciones, entre otros. A ello, deben añadirse los cambios del clima que suceden más lentamente y que suelen confundirse con la propia variabilidad del clima, como es el caso de los aumentos de temperatura media y de máximas y mínimas diarias, los cambios en el régimen de lluvias (cantidad y distribución estacional), y los cambios en la cantidad de días con heladas. Todos estos cambios pueden estar asociados con cambios en la hidrología de las regiones y motivan desplazamientos de las áreas de producción agrícolas o ganaderas, e incluso de poblaciones rurales.

2. ¿Es posible pensar en una agricultura empresarial sustentable y de bajo impacto climático?

Sí, es posible. En realidad, que un tipo de producción sea sustentable y de bajo impacto climático no depende de su escala, sino de su grado de adaptación a las buenas prácticas agrícolas. Ello es totalmente factible tanto en agricultura de pequeña escala como en la de tipo empresarial.

3. ¿Son lo mismo la agricultura familiar que la agricultura campesina o la agricultura de subsistencia?

No, no son lo mismo. La agricultura de tipo familiar hace referencia a un tipo de agricultura en la cual la mano de obra es preponderantemente, aunque no únicamente, de tipo familiar, lo cual es posible que suceda en agricultura de diferentes escalas, incluso en gran escala conectada con los mercados internacionales. La agricultura campesina se refiere a un tipo de agricultura en la cual prevalecen las prácticas de tipo ancestral y la mano de obra de tipo campesino. La agricultura de subsistencia se refiere a un encuadre más de tipo social y económico,

en la que los productos son mayormente destinados a la manutención de los agricultores y sus familias, con pequeños saldos que son destinados a mercados locales.

4. ¿Son reversibles los daños generados por el cambio climático sobre los recursos naturales agropecuarios y poblaciones rurales?

Algunos daños generados son de tipo reversible y otros no. Ello depende del tipo de bien afectado. En general, todo daño que implique cambios en la forma del paisaje terrestre, como la erosión y los cambios de los cursos de agua, son de difícil reversibilidad. Lo mismo sucede con los cambios derivados de los cambios térmicos o de biodiversidad o en la cantidad de polinizadores. Otros cambios son de reversibilidad más factible, como por ejemplo, la implementación de sistemas de regadío para atenuar la escasez de agua.

5. ¿Existen medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario que generen nulos o mínimos efectos adversos?

Afortunadamente, sí. En términos generales, todas las medidas que se basan en una mayor diversificación de cultivos y en una adaptación basada en el manejo de los ecosistemas poseen nulos impactos adversos. Por el contrario, puede haber impactos importantes cuando las medidas implican o se basan en desplazamientos de las áreas de cultivos, que pueden afectar a la biodiversidad, o en la implementación de sistemas de regadío que pueden, aunque no necesariamente, afectar a reservas de agua superficial y subterránea, generando así desequilibrios hidrológicos.

Agradecimientos

En relación con el **caso de estudio 7.7.1,** se agradece tanto el aporte de materiales como las opiniones de los Dres. Bruno Alves (Embrapa Agrobiologia), Everaldo Zonta (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro) y Helvécio De-Polli (exinvestigador de Embrapa Agrobiologia). En relación con el **caso de estudio 7.7.2,** se agradece el aporte de materiales de Pilar Ortega y Villasana y Gerardo C. Tenaglia, de INTA IPAF NEA Laguna Naineck, Formosa, y de Gladis B. Contrera y Guillermo R. Pratta, de la Cátedra de Genética, Facultad de Ciencias Agrarias, UNR. En relación con el **caso de estudio 7.7.3,** se agradece el aporte de materiales de Diana Ayala-Montejo, Luis Alberto Arévalo-López, Geomar Vallejos-Torres y Marco Antonio García-Sánchez, pertenecientes al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Perú. En relación con el **caso de estudio 7.7.4,** se agradece el aporte de materiales de Antonio Rafael Arce-Romero y Jesús David Gómez-Díaz, de la Universidad Autónoma Chapingo, México. En relación con el **caso de estudio 7.7.5,** se agradece el aporte de materiales de Eduardo Valdés-Velarde y Diana Ayala-Montejo, de la Universidad Autónoma Chapingo, México.

Bibliografía

Acosta Martínez, V., S. van Pelt, J. Moore-Kucera, M.C. Baddock y T.M. Zobeck, 2015: Microbiology of wind-eroded sediments: Current knowledge and future research directions. *Aeolian Research,* 18, 99-113.

Adams, R.E.W. y M.J. MacLeod (eds.), 2000: *The Cambridge History of the Native Peoples of the Americas.* Vol. II, *Mesoamerica in two parts.* Cambridge University Press, United Kingdom, 1064 pp.

Aggarwal, P.K., A. Jarvis, B.M. Campbell, R.B. Zougmoré, A. Khatri-Chhetri, S.J. Vermeulen, A. Loboguerrero, L.S. Sebastian, J. Kinyangi, O. Bonilla-Findji, M. Radeny, J. Recha, D. Martinez-Baron, J. Ramirez-Villegas, S. Huyer, P. Thornton, E. Wollenberg, 2018: The climate-smart village approach: framework of an integrative strategy for scaling up adaptation options in agriculture. *Ecology and Society,* 23(1).

Alejo, L., 2000: *Impacto del año ocasionado por la broca de café (Hypothenemus hampei) en el beneficio húmedo de la región de Huatusco, Veracruz.* Tesis de licenciatura. Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma de Chapingo.

Alencastro, L., 2014: *Gasto público y adaptación al cambio climático: Análisis de Colombia, el Ecuador, Nicaragua y el Uruguay.* CEPAL-Euroclima, Comisión Europea. Naciones Unidas, Santiago de Chile, 52 pp.

Altieri, M.A. y C.I. Nicholls, 2009: Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA. Revista de Agroecología,* 14, 5-8.

Altieri, M.A. y C.I. Nicholls, 2017: The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change,* 140, 33-45.

Álvarez, A., 2014: El cambio climático y la producción animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* 48(1), 7-10.

Álvarez, C.R., M.A. Taboada, F.H. Gutiérrez Boem, A. Bono, P.L. Fernández y P. Prystupa, 2009: Topsoil properties as affected by tillage systems in the Rolling Pampa region of Argentina. *Soil Science Society of America Journal,* 73, 1242-1250.

Ancajima Ojeda, R., 2013: *Tecnologías Ancestrales - Sistemas Hidráulicos Pre Incas e Incas*. Conferencia Magistral Día Nacional de la Diversidad Biológica, 10 pp. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/diadiversidad/wp-content/uploads/sites/63/2015/01/resumen1.pdf

Andrade, F.H. (compilador), 2017: *Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto*, 1.ª ed. Ediciones INTA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 120 pp.

Armenteras, D. y N. Rodríguez Eraso, 2014: Dinámicas y causas de deforestación en bosques de Latinoamérica: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal,* 17(2), 233-246.

Arvor, D., V. Dubreuil, J. Ronchail, M. Simoes y B.M. Funatsu, 2014: Spatial patterns of rainfall regimes related to levels of double cropping agriculture systems in Mato Grosso (Brazil). *International Journal of Climatology,* 34, 2622-2633.

Avelino, J., M. Cristancho, S. Georgiou, P. Imbach, L. Aguilar, G. Bornemann, P. Läderach, F. Anzueto, A.J. Hruska y C. Morales, 2015: The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008-2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security,* 7(2), 303-321.

Avelino, R., A. Muller, R. Eskes, A. Santacreo y F. Holguín, 1999: La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. En: *Desafíos de la caficultora en Centroamérica* [Bertrand, B. y B. Rapidel (eds.)]. San José, CR, IICA, pp. 193-241.

Avila-Díaz, A.J. y Y. Carvajal-Escobar, 2015: Agrocombustibles y soberanía alimentaria en Colombia. *Revista Colombiana de Geografía,* 24(1), 43-60.

Banco Mundial, 2010: *The Economics of Adaptation to Climate Change.* A Synthesis Report, Washington DC; *The Cost to Developing Countries of Adapting to Climate Change. New Methods and Estimates,* Washington DC (2008); *Development and Climate Change. A Strategic Framework for the World Bank Group,* Washington DC (2006); *Investment Framework for Clean Energy and Development,* Washington DC.

Barretto, A.G.O.P., G. Berndes, G. Sparovek y S. Wirsenius, 2013: Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: an analysis of the 1975-2006 period. *Global Change Biology,* 19, 1804-1815.

Barrientos Felipa, P., 2014: El desarrollo de la marca país. Base para posicionarse a través de las exportaciones no tradicionales. *Finanzas y Política Económica,* 6(1), 115-140.

Barros Soares, L.H. de., B.J.R. Alves, S. Urquiaga y R.M. Boddey, 2009a: *Mitigação das emissões de gases efeito estufa pelo uso de etanol da cana-de-açúcar produzido no Brasil.* Embrapa, Circular técnica 27, Seropedia, RJ, 14 pp.

Barros Soares, L.H. de, G.B. Martha Bueno, L. Vilela, P.L. Oliveira Machado, B.E. Madari, B.J.R. Alves, R.M. Boddey y S. Urquiaga, 2009b: *Avaliação da sustentabilidade energética de culturas em safrinha na região do Cerrado Brasileiro.* Boletin da Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa, Agrobiología, Seropedia, RJ, 16 pp.

Bocco, G. y B.M. Napoletano, 2017: The prospects of terrace agriculture as an adaptation to climate change in Latin America. *Geography Compass,* 11(10), e12330.

Boddey, R.M., L.H.D.B. Soares, B.J. Alves y S.Urquiaga, 2008: Bio-ethanol production in Brazil. Capítulo 13. En: *Renewable Energy Systems: Environmental and Energetic Issues* [Springer Pimentel, D. (ed.)]. New York.

Boillat, S. y F. Berkes, 2013: Perception and interpretation of climate change among Quechua farmers of Bolivia: indigenous knowledge as a resource for adaptive capacity. *Ecology and Society,* 18(4), 21.

Bolliger, A., J. Magid, T.J. Carneiro Amado, F. Skora Neto, M.F. dos Santos Ribeiro, A. Calegari, R. Ralisch y A. Neergaard, 2006: Taking stock of the brazilian «zero-till revolution»: a review of landmark research and farmers' practice. *Advances in Agronomy,* 91, 47-110.

Borrás, M., E. Manghi, F. Miñarro, M. Monaco, M. Navall, P. Peri, M.E. Periago y P. Preliasco, 2017: *Acercando el manejo de bosques con ganadería integrada al monte chaqueño. Una herramienta para lograr una producción compatible con la conservación del bosque. Buenas prácticas para una ganadería sustentable. Kit de extensión para el Gran Chaco.* Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, 17 pp.

Bouroncle, C., P. Imbach, P. Läderach, B. Rodríguez, C. Medellín, E. Fung, M.R. Martínez-Rodríguez y C.I. Donatti, 2015: *La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?* CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhague, Dinamarca, 8 pp.

Castellanos Potenciano, B.P., F. Gallardo López, A. Sol Sánchez, C. Landeros Sánchez, G. Díaz Padilla, P. Sierra Figueredo y J.L. Santibañez Galarza, 2016: Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático,* 2(1), 1-19.

Castro (Fernández de), R., H.E. Charles y R.W. Barreto, 2009: Conformation of the ocurrence of teliospores of Hemileia vastatrix in Brazil with observations on their mode of germination. *Tropical Plant Pathology,* 32(2), 108-113.

CCAFS, 2016: Weather and climate information, South-South cooperation help farmers in Colombia and Honduras manage climate change. En: *outcomes and impacts of 2016 CCAFS Annual report.* Disponible en: https://ccafs.cgiar.org/research/annual-report/2016/weather-climate-south-south-cooperation-help-farmers-colombia-honduras-climate-change

Challinor, A.J., J. Watson, D.H. Lobell, S.M. Howden, D.R. Smith y N. Chhetri, 2014: A meta-analysis of cropyield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change,* 4, 287-291.

Charlebois, S., B. Sterling, S. Haratifar y S.K.Naing, 2014: Comparison of Global Food Traceability Regulations and Requirements. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,* 13, 1104-1123.

Chirinda N, L. Arenas, S. Loaiza, C. Trujillo, M. Katto, P. Chaparro, J. Nuñez, J. Arango, D. Martinez-Baron, A.M. Loboguerrero, L.A. Becerra Lopez-Lavalle, I. Avila, M. Guzmán, M. Peters, J. Twyman, M. García, L. Serna, D. Escobar, D. Arora, J. Tapasco, L. Mazabel, F. Correa, M. Ishitani, M. Da Silva, E. Graterol, S. Jaramillo, A. Pinto, A. Zuluaga, N. Lozano, R. Byrnes, G. LaHue, C. Alvarez, I. Rao y R. Barahona, 2017: Novel Technological and Management Options for Accelerating Transformational Changes in Rice and Livestock Systems. *Sustainability,* 9(11): 1891 https://doi.org/10.3390/su10030671

Clavel, D., D. Bazile, B. Benoît, O. Sounigo, K. Vom Brocke y G. Trouche, 2016: Biodiversidad agrícola y sistemas campesinos de producción de semillas. En: *Las Agriculturas Familiares y los Mundos del Futuro* [Sourisseau, J.M. (ed.)]. San José: IICA-AFD (Agriculturas y retos mundiales), pp. 331-350.

Colque, O. y G. Tenaglia, 2010: *Situación actual de la producción, cosecha, poscosecha y comercialización del banano, Formosa, Argentina.* I Simposio Cono Sur. Joinville SC Brasil.

Comisión Europea, 2016: *Agricultura y desarrollo rural. Cuidando nuestras raíces. Política Agraria Común Europea (PAC).* Disponible en: http://ec.europa.eu/agriculture/cap-for-our-roots/index_es

Costantino, A., 2014: Land Grabbing in Latin America: Another Natural Resource Curse? *Agrarian South: Journal of Political Economy,* 3(1), 17-43.

Cramer L., S. Huyer, A. Lavado, A.M. Loboguerrero, D. Martínez Barón, M. Nyasimi, T. Thomas, P.K.Thornton, J. van Etten y M. van Wijk, 2017: *Métodos propuestos para evaluar el impacto potencial del cambio climático sobre la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y la República Dominicana.* CCAFS Documento de trabajo n.° 196. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), 54 pp.

Cuvi, N., 2018: Indigenous Imprints and Remnants in the Tropical Andes. En: *A Living Past. Environmental Histories of Modern Latin America* [Soluri, J., C. Leal y J.A. Pádua (eds.)]. Berghahn Books, Nueva York, pp. 67-90.

DANE (Departamento Nacional de Estadística) y Fedearroz (Federación Nacional de Arroceros): *Cuarto Censo Nacional Arrocero 2016.* Consultado 1 de febrero de 2019: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-arrocero

Davidson, D., 2016: Gaps in agricultural climate adaptation research. *Nature Climate Change.* 6, 433-435.

Davies, M., B. Guenther, J. Leav, T. Mitchell y T. Tanner, 2009: Climate Change Adaptation, Disaster Risk Reduction and Social Protection: Complementary Roles in Agriculture and Rural Growth? *IDS Working Papers,* 320, 01-37.

Delgado, L.E., M. Torres-Gomez, A. Tironi-Silva y V.H. Marín, 2015: Estrategia de adaptación local al cambio climático para el acceso equitativo al agua en zonas rurales de Chile. *América Latina Hoy,* 69, 113-137.

De Moraes Sá, J., R. Lal, C.C. Cerri, K. Lorenz, M. Hungria y P.C. de Faccio Carvalho, 2017: Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. *Environment International,* 98, 102-112.

Derpsch, R., T. Friedrich, A. Kassam y L. Hongwen, 2010: Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering,* 3(1), 1-25.

Domínguez, M.T., C. Jiménez, L. Matías Resina, E. Gutiérrez González, B.M. Herrador, M. D. Hidalgo e I.M. Pérez-Ramos, 2018: *Efectos interactivos de cambio climático y presión ganadera sobre el funcionamiento del suelo en ecosistemas de dehesas.* VIII Congreso Ibérico de las Ciencias del Suelo, pp. 462-464.

Elliott, J., D. Deryng, C. Müller, K. Frieler, M. Konzmann, D. Gerten, M. Glotter, M. Flörke, Y. Wada, N. Best, S. Eisner, B.M. Fekete, C. Folberth, I. Foster, S.N. Gosling, I. Haddeland, N. Khabarov, F. Ludwig, Y. Masaki, S. Olin, C. Rosenzweig, A.C. Ruane, Y. Satoh, E. Schmid, T. Stacke, Q. Tang y D. Wisser, 2014: Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change. *PNAS,* 111(9), 3239-3244.

Ermini, J.L., F.S. Pantuso, G. Tenaglia y G.R. Pratta, 2013: Marcadores de AFLP en el cultivo de banana: selección de combinaciones de cebadores y caracterización de la biodiversidad. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (Universidad de Morón),* 11, 83-110.

Ermini, J.L., F.S. Pantuso, G. Tenaglia y G.R. Pratta, 2016: Genetic diversity, ancestry relationships and consensus among phenotype and genotype in banana (*Musa acuminata*) clones from Formosa (Argentina) farmers. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology,* 17, 267-278.

European Union, 2018: *EU Adaptation Strategy. Disponible* en: https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what_en

FAO, 2007: Disponible en: www.fao.org

FAO, 2017: *La agricultura climáticamente inteligente.* Disponible en: http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/es/

FAO, 2020: *Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Café para reducir el impacto del cambio climático.* Family farming platform. Disponible en: http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/450200/

FAO y ITPS, 2015: *Status of the world's soil resources (SWSR) – Technical summary.* Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, Italy, 82 pp.

FAOSTAT, 2019: Disponible en: http://www.fao.org/faostat/en/#data

Fedearroz, 2012: *Adopción Masiva de Tecnología «AMTEC».* Consultado el 1 de febrero de 2019.

Fernández Nogueira, D. y E. Corbelle Rico, 2017: Cambios en los usos de suelo en la Península Ibérica: un meta-análisis para el periodo 1985-2015. *Revista Bibliográfica Geografía y Cs. Sociales.* Universidad de Barcelona, 22 (1.215), 29 pp.

Ferreira, M, A. dos Anjos, L. Ferreira, M. Bustamante, G. Fernandes, R.B. Machado y R. Bomfim Machado, 2016: Cerrado: o fim de uma história ou uma nova história. *Revista Ciência Hoje,* 334, 24-29.

Franchini, J.C., C.C. Crispino, R.A. Souza, E. Torres y M. Hungría, 2007: Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil Tillage Research,* 92, 18-29.

Fundación Biodiversidad, 2017: *Proyecto Life SHARA. Sensibilización y conocimiento para la adaptación al cambio climático.* Oficina Española de Cambio Climático (OECC), Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Organismo Autónomo de Parques Nacionales a través del Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM), Agencia portuguesa para el Medio Ambiente. Disponible en: http://www.lifeshara.com/es

Galindo, L.M., J.L. Samaniego, J.E. Alatorre y J.A. Ferrer, 2013: *Cambio climático y adaptación en América Latina.* División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL, Unidad de Cambio Climático. Santiago de Chile, 38 pp.

Gambín, B.L., T. Coyos, G. Di Mauro, L. Borrás y L.A. Garibaldi, 2016: Exploring genotype, management, and environmental variables influencing grain yield of late-sown maize in central Argentina. *Agricultural Systems,* 146, 11-19.

García Collazo, M.A., A. Panizza y J.M. Paruelo, 2013: Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos: Resultados de la zonificación realizada por provincias del norte argentino. *Ecología Austral,* 23, 97-107.

Ghini, R, 2011: Diseases in tropical and plantation crops as affected by climate changes: current knowledge and perspectives. *Plant Pathology,* 60, 122-132.

Giménez, R., J. Mercau, M. Nosetto, R. Páez y E. Jobbágy, 2016: The ecohydrological imprint of deforestation in the semiarid Chaco: insights from the last forest remnants of a highly cultivated landscape. *Hydrological Processes,* 30(15), 2603-2616.

Gobierno de España, 2012: *Evidencias del cambio climático y sus efectos en España.* Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 24 pp. Disponible en: https://www.adaptecca.es/documento/evidencias-del-cambio-climatico-y-sus-efectos-en-espana

Gobierno de España, 2017: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC).* Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: https://www.adaptecca.es/documento/evidencias-del-cambio-climatico-y-sus-efectos-en-espana

Golnow, F. y T. Lakes, 2015: Policy change, land use, and agriculture: The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001-2012. *Applied Geography,* 55, 213-211.

González M., G. Saldarriaga y O. Jaramillo, 2010: Estimación de la demanda de agua: Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. *Estudio Nacional del Agua,* Capítulo 5. IDEAM, Colombia.

Gorenstein, S., 2016: *Empresas transnacionales en la agricultura y la producción de alimentos en América Latina y el Caribe.* Nueva Sociedad. Fundación Friedrich Ebert, Buenos Aires, 30 pp.

Goulson, D., E. Nicholls, C. Botías y E.L. Rotheray, 2015: Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science,* 347(6229), 1255957.

Graesser, J., T. Mitchell Aide, H. Ricardo Grau y N. Ramankutty, 2015: Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environ. Res. Lett.,* 10(3), 034017.

Gras, C. y D.M. Cáceres, 2017: Land grabbing as a dynamic process: Actors' strategies within contexts of economic stagnation. *Poblac. soc.,* 24(2), 163-194.

Grau, H.R. y M. Aide, 2008: Globalization and land-use transitions in Latin America. *Ecology and Society,* 13(2), 16.

Grau, H.R., T.M. Aide y N.I. Gasparri, 2005: Globalization and soybean expansion into semiarid ecosystems of Argentina. *Ambio,* 34, 267-268.

Grupo de Trabajo Ecoflor, 2016: *El declive de las abejas: cinco conceptos mal entendidos. Quercus.* Cuaderno 361. Disponible en: htpp://www.revistaquercus.es/

Guzmán García, C.E., 2013: *Llactas Incas: concepción del planeamiento e interacción con el medio natural.* Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3392

Guzmán, P., Y. Tirado, F. Hernández y I. Ávila, 2018: AMTEC Adopción Masiva de Tecnología: Seis años después seguimos avanzando hacia la competitividad. Investigación - *Fedearroz- Fondo Nacional del Arroz* 66, marzo-abril de 2018, http://www.fedearroz.com.co/docs/AMTEC.pdf

Herrera, A. y M. Ali, 2009: Paisajes del desarrollo: la ecología de las tecnologías andinas. *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología,* 8, 169-194.

Herrera Wasilowsky, A., 2011: *La recuperación de tecnologías indígenas. Arqueología, tecnología y desarrollo en los Andes.* Lima: Instituto de Estudios Peruanos (IEP), Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Sociales-CESO, Departamento de Antropología, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO), PUNKU Centro de Investigación Andina.

Houspanossian, J., R. Giménez, E. Jobbágy y M. Nosetto, 2017: Surface albedo raise in the South American Chaco: Combined effects of deforestation and agricultural changes. *Agricultural and Forest Meteorology,* 232, 118-127.

Howden, S.M., J.F. Soussana, F.N. Tubiello, F.N. Chhetri, M. Dunlop y H. Meinke, 2007: Adapting agriculture to climate change. *PNAS,* 104(50), 19691-19696.

Huggel, C., M. Scheel, F. Albrecht, N. Andres, P. Calanca, C. Jurt, N. Khabarov, D. Mira-Salama, M. Rohrer, N. Salzmann, Y. Silva, E. Silvestre, L. Vicuña y M. Zappa, 2015: A framework for the science contribution in climate adaptation: Experiences from science-policy processes in the Andes. *Environmental Science and Policy,* 47, 80-94.

IAPP, 2015: *Proyecto Aplicación de técnicas innovadoras en la propagación clonal e inoculación micorrízica de plantas matrices de café (Coffea arabica) con alta productividad en la reción Amazonas.* Documento web consultado en 2020, http://iiap.org.pe/Archivos/Convenio/Proyecto/52.pdf

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA, 2017: *Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia.* Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA, FMAM. Bogotá DC, Colombia.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), 2018. *Reporte de avance del Estudio Nacional del Agua.* ENA 2018. Bogotá DC

INIE, 2017: *Perú: Panorama económico departamental.* Informe técnico (5), mayo de 2017, 28 pp.

IPCC, 2014: *Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad - Resumen para responsables de políticas.* Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC.

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. En: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [Shukla, P.R., J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley y (eds.)]. En prensa.

Jarvis, A., J. Ramirez, E. Guevara y E. Zapata, 2008: *Impactos e implicaciones de cambio climático para el sector bananero.* Acrobat, Brasil.

Juhola, S., E. Glaas, B. Ola Linné y T. Simone Neset, 2016: Redefining maladaptation. *Environmental Science & Policy,* 55, parte 1, 135-140. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.014

Kampa, M. y E. Castanas, 2008: Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution,* 151(2), 362-367.

Kay, C., 2006: Survey article rural poverty and development strategies in Latin America. *Journal of Agrarian Change,* 6(4), 455-508.

Kovats, S. *et ál.,* 2014: *Mitigation of Climate Change*. [In Bogataj, L.K., R. Corobov y R. Vallejo (eds.)], Capítulo 23. IPCC, Cambridge Univ. Press.

Lal, R., 2015: Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation,* 70(3), 55A-62A.

Lapola, D.M., L.A. Martinelli, C.A. Peres, J.P.H.B. Ometto, M.E. Ferreira, C.A. Nobre, A.P.D. Aguiar, M.M.C. Bustamante, M.F. Cardoso, M.H. Costa, C.A. Joly, C.C. Leite, P. Moutinho, G. Sampaio, B.B.N. Strassburg y I.C.G. Vieira, 2013: Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nature Climate Change,* 4(1), 27.

Lemaire, G., A. Franzluebbers, P.C. de Faccio Carvalho y B. Dedieu, 2014: Integrated crop-livestock systems: strategies to acchive synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 190, 4-8.

Lima, S.C., 1996: *As veredas do Ribeirão Panga no Triângulo Mineiro e a evolução da paisagem.* São Paulo: USP, tesis, doctorado en Geografia Física, 260 pp.

Lipper, L., P. Thornton, B.M. Campbell, T. Baedeker, A. Braimoh, M. Bwalya, P. Caron, A. Cattaneo, D. Garrity, K. Henry, R. Hottle, L. Jackson, A. Jarvis, F.Kossam, W. Mann, N. McCarthy, A. Meybeck, H. Neufeldt, T. Remington, P. Thi Sen, R. Sessa1, R. Shula, A. Tibu y E.F. Torquebiau, 2014: Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change,* 4, 1068-1072.

Lobell, D.B., 2014: Climate change adaptation in crop production: Beware of illusions. *Global Food Security,* 3(2), 72-76.

Loboguerrero, A.M. y D. Martinez-Baron, 2017: News from the field climate-smart agriculture across scales in Latin America. *Agriculture for Development,* 30, 10-11. Disponible en: https://ccafs.cgiar.org/publications/climate-smart-agriculture-across-scales-latin-america#.Wrj5KC7OWMo

Loboguerrero, A.M., F. Boshell, G. León, D. Martinez-Baron, D. Giraldo, L. Recaman, E. Díaz y J. Cock, 2018: Bridging the gap between climate science and farmers in Colombia. *Climate Risk Management,* 22, 67-81, https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.08.001

Magnan, A.K., E.L.F Schipper y M. Burkett *et ál.,* 2016: *WIREs Climate Change,* 7, 646-665, DOI: 10.1002/wcc.409

Magrin, G.O., 2015: *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe.* CEPAL, Santiago de Chile, 78 pp.

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

Martínez Montenegro, I. y M. Baeza Leiva, 2017: Enfoques de género en el papel de la mujer rural en la agricultura cubana. *Prolegómenos,* 20(39), 29-38.

Martínez Valle, A., 2016: *Impacto del cambio climático en las cadenas productivas del café: Opciones de Agricultura Clima–Inteligente para Café*. CIAT-CGIAR-CCAFS, 14 pp. Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/78746/ciatcafeyccweb.pdf?sequence=1

Mastrangelo, M.E., M.C. Gavin, P. Laterra, W.L. Linklater y T.L. Milfont, 2014: Psycho-social factors influencing forest conservation intentions on the agricultural frontier. *Conservation Letters,* 7(2), 103-110.

Mckey, D. y S. Rostain, 2015: Farming Technology in Amazonia. En: *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures.* Springer, Dordrecht, pp. 1-14.

Medina Martín, F., 2016: *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector agrario: Aproximación al conocimiento y prácticas de gestión en España.* D.G., Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 49 pp. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/impactos_vulnerabilidad_adaptacion_cambio_climatico_sector_agrario__tcm30-178448.pdf

Merante, P., C. Dibari, R. Ferrise, B. Sánchez, A. Iglesias, J.P. Lesschen, P. Kuikman, J. Yeluripati, P. Smith y M. Bindi, 2017: Adopting soil organic carbon management practices in soils of varying quality: Implications and perspectives in Europe. *Soil and Tillage Research,* 165, 95-106.

Mercado, L., R. Villarreyna, R. Cerda, A. Aguilar, D. Padilla, J. Echeverría, A.M. Loboguerrero, D. Martínez-Barón y M. Lizarazo, 2017: *Promoviendo prácticas Agrícolas Climáticamente Inteligentes para enfrentar los efectos del cambio y la variabilidad climática en el centro-norte de Nicaragua (NicaCentral).* CATIE Policy Brief 25, Centro Agronómico y Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, 6 pp.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Uruguay, 2018: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio y la Variabilidad Climática para el Sector Agropecuario (PNA-Ag).* Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/sostenibilidad-y-cambio-climatico/plan-nacional

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay, 2018: *Plan Ambiental Nacional para el Desarrollo Sostenible.* Documento síntesis para la Consulta Pública. Uruguay, julio de 2018, 52 pp. Disponible en: http://www.mvotma.gub.uy/component/k2/item/10011400-plan-ambiental-nacional-2018-documento-sintesis

Mirando, R., A. Caballero, F. Cadena y H. Bosque, 2017: Salinidad y el cultivo de la quinua - Una breve revisión bibliográfica. *Revista APTHAPI,* 3(1) 87-92.

Miyake, S., M. Renouf, A. Peterson, C. McAlpine y C. Smith, 2012: Land-use and environmental pressures resulting from current and future bioenergy crop expansion: A review. *Journal of Rural Studies,* 28(4), 650-658.

Montagnini, F., 2015: Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. pp. 269-298. En: *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales* [Montagnini, F., E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (eds.)]. 1.ª ed,. Cali, CO: CIPAV, Turrialba, CR: CATIE, 454 pp.

Montagnini, F., M. Ibrahim y E.M. Restrepo, 2013: Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. *Bois et forêts des tropiques,* 316(2), 3-16.

Monterroso-Rivas, A. I., J.D. Gómez-Díaz y A.R. Arce-Romero, 2018: Soil, water, and climate change integrated impact assessment on yields. *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems,* 9(2), 20-31.

Morfin, V.A., P. Castillo y G. Vizcaíno, 2006: *El cultivo de café (Coffea arábica L.) en Colima. Instituto de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.* Folleto técnico n.° 1. Campo Experimental Ticomán, 85 pp.

Munang, R., I. Thiaw, K. Alverson, M. Mumba, J. Liu y M. Rivington, 2013: Climate change and ecosystem-based adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 5(1), 67-71.

Murgueitio, E., J.D. Chará, A.J. Solarte, F. Uribe, C. Zapata y J.E. Rivera, 2013: Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias,* 26, 313-316.

Naciones Unidas, 2015: *Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030.* UNISDR/GE/2015 - ICLUX ES, 1.ª edición. Ginebra, Suiza, 40 pp. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Nasar, A.N. y M. Moreira, 2013: *Evidences on sugarcane expansion and agricultural land use changes in Brazil.* Report Institute for International Trade Negotiations, 26 pp. Disponible en: www.iconebrasil.org.br

Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha y A. Villamizar, 2014: Adaptation needs and options. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 833-868.

Nobre, C.A., G. Sampaio, L.S. Borma, J. C. Castilla-Rubio, J.S. Silva y M. Cardos, 2016: Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *PNAS,* 113 (39), 10759-10768, https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113

Nogueira, M.E., M.A. Urcola y M. Lattuada, 2017: *La gestión estatal del desarrollo rural y la agricultura familiar en Argentina: estilos de gestión y análisis de coyuntura 2004-2014 y 2015-2017.* RELAER, 2(4).

Nokoe, S. y R. Ortiz, 1998: Optimum Plot Size for Banana Trials. *HortScience,* 33(1), 130 -132.

Ortiz, R. e I. de Cauwer, 1998: Genotype –by- Environments for Plantain and Banana (Musa spp L.) Breeding in West Africa. *Tropicultura,* 16-17(3), 97-102.

Peneda-Murillo, R., 2012: Los biocombustibles como alternativa energética en Colombia: ¿desarrollo sostenible o crecimiento económico? *Asuntos,* 23, 35-42.

Pérez, C., 2012: Una Visión para América Latina: Dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales. *Revista Económica,* 14(2).

PNUD-Programa de las Naciones Unidad para el Desarrollo, 2015: *Objetivos de Desarrollo Sostenible.* Disponible en: htpp://www.ar.undp.org>home>sdg-overview

Poeplau, C. y A. Don, 2015: Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops - A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 200, 33-41.

Porto Castro, A.M., M. Villarino Pérez, M. Baylina Ferré, M.D. García Ramón e I. Salamaña Serra, 2015: Formación de las mujeres,

empoderamiento e innovación rural. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles,* 68, 385-406.

Powlson, D.S., C.M. Stirling, M.L. Jat, B.G. Gerard, C.A. Palm, P.A. Sanchez y K.G. Cassman, 2014: Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. *Nature Climate Change,* 4, 678-683.

Ramirez-Villegas, J., M. Salazar, A. Jarvis y C. Navarro-Racines, 2012: A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050. *Climatic Change,* 115, 611, https://doi.org/10.1007/s10584-012-0500-y

Rapidel, B., C. Allinne, C. Cerdán, L. Meylan, E. de Melo, V. Filho y J. Avelino, 2015: Efectos ecológicos y productivos del asocio de árboles de sombra con café en sistemas agroforestales. En: *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales* [Montagnini, F., E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (eds.)], 1.ª ed., Cali, CO: CIPAV; Turrialba, CR: CATIE, 2015. 454 pp.: il. – (Serie técnica. Informe técnico/CATIE; n.° 402).

Rasul, G. y B. Sharma, 2016: The nexus approach to water–energy–food security: an option for adaptation to climate change. *Climate Policy*, 16(6), 682-702.

Rever, C.P.O., S. Adams, T. Albrecht, F. Baarsch, A. Boit, N. Canales Trujillo, M. Cartsburg, D. Coumou, A. Eden, E. Fernandes, F. Langerwisch, R. Marcus, M. Mengel, D. Mira-Salama, M. Perette, P. Pereznieto, A. Rammig, J. Reinhardt, A. Robinson, M. Rocha, B. Sakschewski, M. Schaeffer, C.F. Schleussner, O. Serdeczny and K. Thonicke, 2017: Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Regional Environ Change,* 17, 1601-1621.

Roco, L., A. Engler, B.E. Bravo-Ureta y R. Jara-Rojas, 2015: Farmers' perception of climate change in mediterranean Chile. *Regional Environ Change,* 15, 867-879.

Rodas Trejo, J., L. Medina Sansón, D. Chang Gutierrez, P. Ocampo González, E.S. Marín Muñoz y M.R. Carrillo López, 2014: Impactos y adaptaciones ante los efectos del cambio climático: un caso de estudio en una comunidad ganadera en Chiapas, México. *Revista Electrónica de Veterinaria,* 18, 10.

Rodríguez, A.G. y L.E. Meza (eds.), 2016: *Agrobiodiversidad, agricultura familiar y cambio climático.* Reporte del Seminario regional Agricultura y Cambio Climático: Agrobiodiversidad, Agricultura Familiar y Cambio Climático, realizado el 20 y 21 de agosto de 2014 en la sede de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en Santiago de Chile. Naciones Unidas, Santiago, 90 pp.

Rogé, P., A.R. Friedman, M. Astier y M.A. Altieri, 2014: Farmer strategies for dealing with climatic variability: a case study from the Mixteca Alta Region of Oaxaca, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems,* 38(7), 786-811.

Sabourin, E., 2015: *Políticas públicas y agriculturas familiares en América Latina y el Caribe: nuevas perspectivas.* En: Sabourin E.M. y O. Samper y Sotomayor. IICA, San José, CR, 400 pp.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería), 2017: Introducción. *Boletín Agroclimático Participativo Región de Occidente,* marzo de 2017. Gobierno de la República de Honduras. Disponible en: https://docplayer.es/62890242-Introduccion-boletin-agroclimaticoparticipativo-region-de-occidente.html

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería), 2020: *Técnicos de la SAG orientan a productores para la siembra de granos básicos.* Gobierno de la República de Honduras. Disponible en: http://www.sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2017/mayo-2017/tecnicos-de-la-sagorientan-a-productores-para-la-siembra-de-granos-basicos/

Salazar, A., J. Katzfey, M. Thatcher, J. Syktus, K. Wong y C. McAlpine, 2016: Deforestation changes land–atmosphere interactions across South American biomes. *Global and Planetary Change,* 139, 97-108.

Salomon, F., S.B. Schwartz (eds.), 1999: *The Cambridge History of the Native Peoples of the Americas,* vol. III, South America, en dos partes. Cambridge University Press, United Kingdom, 1070 pp.

Sánchez, P.R., 2015: *Viticultura y Cambio Climático en España: Vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas.* Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

Sánchez, L. y O. Reyes, 2015: *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Una revisión general.* CEPAL, 73 pp.

Satorre, E.H., 2005: Cambios tecnológicos en la agricultura Argentina actual. *Revista Ciencia Hoy,* 15(87), 24-31.

Saucedo, G., N. Gardea, R. Sánchez, A. Mojica y A. Ramírez, 2012: Hambre, presente en la memoria y cultura de los indígenas de la sierra Tarahumara. *Revista Alter Año III,* 6, 72-85.

Schejtman, A., 2008: *Alcances sobre la agricultura familiar en América Latina.* Documento de trabajo n.° 21, Programa Dinámicas Territoriales Rurales, Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, 50 pp.

Segrelles Serrano, J.A., 2007: Una reflexión sobre la reciente reorganización de los usos agropecuarios en América Latina. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense,* 27, 125-147.

Serna, L., D. Escobar, J. Tapasco, J. Arango, N. Chirinda, M. Chacon, J. Segura y C. Villanueva, 2017: *Retos y oportunidades para el desarrollo de la NAMA ganadería en Colombia y Costa Rica.* CCAFS Info Note. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen (Denmark), 5 pp.

Shannon, H.D. y R.P. Motha, 2015: Managing weather and climate risks to agriculture in North America, Central America and the Caribbean. *Weather and Climate Extremes,* 10 A, 50-56, https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.10.006

Shiki, S.F., 1998: *Desenvolvimento agrícola nos cerrados: trajetórias de acumulação, degradação ambiental e exclusão social em torno de Iraí de Minas.* Uberlândia: UFU, pp. 34-85.

Shirsath, P.B., P.K. Aggarwal, P.K. Thornton y A. Dunnett, 2017: Prioritizing climate-smart agricultural land use options at a regional scale. *Agricultural Systems,* 151, 174-183.

Silva, L., 2000: O papel do estado no processo de ocupação das áreas de Cerrado entre as décadas de 60 e 80. *Caminhos de Geografia,* 1(2), 24-36.

Solaun, K., I. Gómez, J. Urban, F. Liaño y A. Genovês, 2014: *Integración de la adaptación al cambio climático en la estrategia empresarial. Guía metodológica para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad en el sector privado.* Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 78 pp.

Spera, S.A., A.S. Cohn, L.K. Van Wey, J.F. Mustard, B.F. Rudorff, J. Risso, J. y M. Adami, 2014: Recent cropping frequency, expansion, and abandonment in Mato Grosso, Brazil had selective land characteristics. *Environmental Research Letters,* 9, 064010, 12 pp.

Stadelmann, M., A. Michaelowa, S. Butzengeiger-Geyer y M. Köhler, 2015: Universal Metrics to Compare the Effectiveness of Climate Change Adaptation Projects. En: *Handbook of Climate Change Adaptation* [Leal Filho, W. (ed.)]. Springer, Berlin, Heidelberg.

Taboada, M.A. y F. Damiano, 2017: Inundación y manejo de suelos en la Argentina. En: *Inundaciones y manejo de cuencas-CADIA* [Waldman, S. (coord.)], pp. 145-169.

Tacoli, C., 2009: Crisis or adaptation? Migration and climate change in a context of high mobility. *Environment and Urbanization,* 21(2), 513-525.

Tafur, M., T. Gumucio, J. Twyman y D. Martinez, 2015a: *Guía para la integración del enfoque de género en políticas agropecuarias y de cambio climático en América Latina*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), Copenhagen, Denmark, 8 pp.

Tafur, M., T. Gumucio, C. Turin, J. Twyman y D. Martinez, 2015b: *Género y Agricultura en el Perú: Inclusión de intereses y necesidades de hombres y mujeres en la formulación de políticas públicas.* CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), Copenhagen, Denmark, 7 pp.

Tenaglia, G., s.f.: *Diversidad genética y uso de recursos genéticos de Musa acuminata (AAA) Subgrupo «Cavendish» seleccionados por su comportamiento agronómico en la provincia de Formosa.* Tesis doctoral. UNR.

The World Bank, 2014: *World development indicators.* International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank, Washington.

The World Bank, CIAT y CATIE, 2014a: *Climate-smart agriculture in Costa Rica.* CSA Country Profiles for Latin America Series. Washington DC: The World Bank Group.

The World Bank, CIAT y CATIE, 2014b: *Supplemental material for climate-smart agriculture in Mexico.* CSA Country Profiles for Latin America Series. Washington DC: The World Bank Group.

Torres Guevara, J., 2015: *Experiencias de adaptación al cambio climático, los conocimientos ancestrales, los conocimientos contemporáneos y los escenarios cualitativos en los Andes. Alcances y límites (Perú).* Apuntes de investigación, n.º 3, octubre de 2014-enero de 2015. Soluciones Prácticas, 21 pp.

Tucker, C.M., H. Eakin, E.J. Castellanos, 2010. Perceptions of risk and adaptation: Coffee producers, market shocks, and extreme weather in Central America and Mexico. *Global Environmental Change,* 20(1), 23-32, https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.07.006

UNEP, 2019: Frontiers 2018/19. *Emerging issues of environmental concern.* United Nations Environmental Programme, Nairobi.

Vallejos Orbe, J.P., 2016: *Resistencia de plantas de café arábico (Coffea arabica) variedad «caturra roja» a la roya amarilla (Hemileia vastratrix), en la región de San Martín.* Tesis doctoral. Documento consultado en 2020, en http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2171/TP_AGRO_00655_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Van der Zee, A., J. van der Zee, A. Meyrat, C. Poveda y L. Picado, 2012: *Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano.* FAO, Acción contra el Hambre, Ayuda Humanitaria y Protección Civil, 90 pp.

Ventura, B., P. Delcourt, G. Ortiz, L. Methfessel, C. Greco, W. Buitrago y F. Paredes, 2010: El registro arqueológico de las antiguas poblaciones de los valles orientales de la Provincia Arce, Tarija, Bolivia. *Intersecciones antropol.,* 11(1).

Viglizzo, E.F. y E. Jobbágy (eds.), 2010: Expansión de la frontera agropecuaria en Argentina y su impacto ecológico-ambiental. *Ediciones INTA.* Buenos Aires, 102 pp.

Vignola, R., S. Klinsky, J. Tam y T. McDaniels, 2013: Public perception, knowledge and policy support for mitigation and adaption to Climate Change in Costa Rica: Comparisons with North American and European studies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 18, 303 pp.

Villalobos, V.M., H. Chavarría, A. Campos, E. Salazar, K. Witkowski, P. Henriquez, D. Rodríguez, J. Arias, H. Friaca, S. Villarroya y M. García-Winder, 2015: Implicaciones de las reformas a la PAC de la Unión Europea en el sector agrícola de América Latina y el Caribe. *Ambienta,* NIPO 280-15-035-6; ISSN 1577-9491.

Walter, H., 1994: *Vegetación esclerófila de zona con lluvia invernal. Zonas de Vegetación y Clima: Breve exposición desde el punto de vista causal y global.* Ed Omega.

Watts, N., W.N. Adger, P. Agnolucci, J. Blackstock, P. Byass, W. Cai, S. Chaytor, T. Colbourn, M. Collins, A. Cooper, P.M. Cox, J. Depledge, P. Drummond, P. Ekins, V. Galaz, D. Grace, H. Graham, M. Grubb, A. Haines, I. Hamilton, A. Hunter, X. Jiang, M. Li, I. Kelman, L. Liang, M. Lott, R. Lowe, Y. Luo, G. Mace, M. Maslin, M. Nilsson, T. Oreszczyn, S. Pye, T., 2015: Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet Commissions,* 386 (10006), 1861-1914. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854

Weindl, I., H. Lotze-Campen, A. Popp, C. Müller, P. Havlík, M. Herrero, C. Schmitz y S. Rolinski, 2015: Livestock in a changing climate: production system transitions as an adaptation strategy for agriculture. *Environmental Research Letters,* 10(094021), 12 pp.

Wheeler, T. y J. von Braun, 2013: Climate Change Impacts on Global Food Security. *Science,* 341(6145), 508-513.

Anexo del capítulo 7

En el presente **Anexo** se revisa la bibliografía sobre acciones de adaptación para el sector agropecuario en la región iberoamericana para el periodo comprendido entre los años 2013 y 2018, a modo de ampliación sobre lo ya recopilado por el IPCC en el Capítulo 27 del informe AR5 del grupo de trabajo II (Magrin *et ál.,* 2014). Se ha considerado un total de 77 trabajos, de los cuales el 37,7 % perteneció a Centroamérica y Caribe (**Tabla 7.A**), el 48 % a Sudamérica (**Tabla 7.B**) y el 3,9 % a la Península Ibérica (**Tabla 7.C**). Un 10,4 % de los trabajos no se refería a ninguna región o país en particular dentro de Iberoamérica, lo cual se ha indicado en la **Tabla 7.D.**

Las medidas de tipo físico o estructural aparecieron en el 68,8 % de los casos; de ellas, el 52 % fueron opciones tecnológicas. Las acciones de tipo social aparecieron en el 35 % de los casos, mientras que casi en la mitad de ellos se registraron opciones de tipo institucional. Las acciones planificadas de arriba abajo llegaron al 59,7 % de los casos. Como fue explicado previamente, la mayor parte de estas actividades se encuadran en las opciones de tipo institucional. Muchas de las acciones estructurales físicas son también planificadas, mientras que la mayor parte de las de tipo tecnológico son no planificadas, de abajo arriba, o bien de tipo mixto. Es decir que, ante una demanda del medio productivo, surgió una respuesta técnica o de regulación de los Estados o empresas del sector.

Tabla 7.A. Revisión de publicaciones sobre prácticas de adaptación en las regiones de México, Centroamérica y el Caribe para el periodo entre 2013 y 2018. Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes (ver tabla).

México, Centro América y Caribe			
País/región	**Opción de adaptación**	**Categoría**	**Fuente**
Costa Rica	Diversificar cultivos y variedades, fuentes de energía, productos. Uso eficiente del agua. Definir zonas de cultivo para café.	Tecnológicas	Bouroncle *et ál.,* 2015c
Costa Rica	Préstamo organizacional, diversidad genética y resistencia a plagas, sistemas de información, mayor cobertura forestal, pago por servicios ecosistémicos.	Tecnológicas, institucionales	Guerra Arévalo, 2014
Costa Rica	Proyecto LivestockPlus: intensificación sostenible de la ganadería en los trópicos basada en el uso de los forrajes mejorados.	Tecnológicas, institucionales	Serna *et ál.,* 2017
Costa Rica	Agricultura clima inteligente. Sistemas de información y de sombreado para café. Prevención de la erosión.	Estructurales/físicas, y tecnológicas, sociales, comportamiento	World Bank *et ál.,* 2014
Cuba	Mejoras en instalaciones para animales, para mejorar confort y captación y almacenamiento de agua.	Estructurales/físicas, institucionales	Alvarez, 2014
Cuba	Cambio de uso del suelo a silvopastoril.	Institucionales	Magrin, 2015
Cuba	Implementación de prácticas y tecnologías agrícolas con la participación y gestión preferencial de mujeres en tres municipios.	Sociales, institucionales	Almagro *et ál.,* 2017
El Salvador	Cambios en fechas de siembra; provisión de insumos.	Tecnológica, social e institucionales	Landa y Olivera, 2014
Guatemala	Ordenamiento de cuencas y planes agrícolas municipales, acceso de información agroclimática, fortalecimiento de servicios de extensión. Infraestructura para poscosecha de café.	Tecnológica, social, comportamiento, institucional	Bouroncle *et ál.,* 2015a
Guatemala	Compra de alimentos.	Institucionales	Landa y Olivera, 2014
Honduras	Racionamiento de agua. Alerta de sequía, provisión de alimentos.	Sociales, información e institucionales	Landa y Olivera, 2014
Honduras	Captación, almacenamiento y uso de agua de riego. Manejo de cultivos y de finca. Sistemas de información. Mecanismos de compensación.	Tecnológica, social, comportamiento, institucional	Bouroncle *et ál.,* 2015b
México	Restauración de ecosistemas, captación de agua, mejorar los suelos, limitar el uso de los suelos en ambientes vulnerables.	Estructurales/físicas, sociales e institucionales	Amaya Acuña, 2014
México	Inclusión de pastos y razas más rústicas y menos productivas.	Tecnológicas	Rodas Trejo *et ál.,* 2014
México	Organización social y educación. Acción colectiva.	Social, comportamiento	Rogé *et ál.,* 2014
México	Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas.	Institucionales	CEPAL y Procisur, 2012
México	Agricultura climáticamente inteligente: riego, maíz-poroto para subsistencia, mixto en tierras secas, plantación costera y mixta.	Estructurales/físicas, tecnológicas, sociales, Institucionales	World Bank *et ál.,* 2014
Nicaragua	Alerta climática, provisión de alimentos.	Sociales e institucionales	Landa y Olivera, 2014
Nicaragua	Alerta climática.	Tecnológicas y sociales	Landa y Olivera, 2014
Nicaragua	Variedades resistentes de porotos, maíz y granos básicos. Agricultura climáticamente inteligente. Coberturas, agroforestería. Asistencia técnica y transferencia tecnológica.	Sociales e institucionales	World Bank y CIAT, 2015

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 7.A (Cont.). Revisión de publicaciones sobre prácticas de adaptación en las regiones de México, Centroamérica y el Caribe para el periodo entre 2013 y 2018. Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes (ver tabla).

México, Centroamérica y Caribe			
País/región	**Opción de adaptación**	**Categoría**	**Fuente**
Nicaragua	Producción de variedades híbridas con técnicas clonales. Adaptación al sombreado (agroforestería) y más 1.100 m de altura.	Tecnológicas	Clavel *et ál.*, 2014
Nicaragua	Nuevas variedades con incorporación de conocimiento local. Mayor valor forrajero, rusticidad y tolerancia a la sequía.	Tecnológicas	Clavel *et ál.*, 2014
Nicaragua	Proyecto CAMBio de reconversión productiva.	Institucionales	Mendoza *et ál.*, 2011
Nicaragua	Manejo sostenible de la tierra, semillas resistentes, nuevos cultivos, diversificación agrícola.	Tecnológicas	Alencastro, 2014
Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador	Cambio de uso del suelo a agroforestal.	Institucionales	Magrin, 2015.
Costa Rica	Sistema de gobernanza multiactores a nivel cuenca para servicios de regulación del suelo.	Institucionales	Vignola *et ál.*, 2013
Costa Rica, Honduras y Guatemala	Proyecto CASCADA para pequeños productores de café.	Estructurales/físicas, tecnológicas	Magrin, 2015
Nicaragua, Honduras y Guatemala	Biodiversificación agroecológica: intercultivo, agroforestería, cultivos de cobertura.	Estructurales/físicas, tecnológicas	Altieri y Nicholls, 2017

Tabla 7.B. Revisión de publicaciones sobre prácticas de adaptación en la región de Sudamérica para el periodo entre 2013 y 2018. Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes (ver tabla).

Sudamérica			
País/región	**Opción de adaptación**	**Categoría**	**Fuente**
Argentina	Recomposición del *stock* ganadero en un contexto de cambio climático y desertificación. Inclusión y adaptación de la cabra criolla neuquina.	Tecnológicas y sociales	Lanari *et ál.*, 2003
Argentina	Acarreo, distribución y almacenamiento de agua en fincas, la refuncionalización y/o ejecución de perforaciones, la adquisición de equipos de bombeo comunitarios y rotatorios.	Estructurales/físicas, sociales, e institucionales	Zamora Gómez *et ál.*, 2017
Argentina	Proyecto Parque Hídrico para ver obras demostrativas y pequeños sistemas hídricos que pueden ser replicados o adaptados en las comunidades rurales de la zona.	Tecnológicas/físicas y sociales	Zamora Gómez *et ál.*, 2017
Argentina	Germoplasmas adaptados a la variabilidad del clima en ambientes subtropicales.	Tecnológicas	Ermini *et ál.*, 2013; 2016
Argentina	Avance de la agricultura junto con las mayores lluvias. Agricultura conservacionista y adopción de tecnologías de procesos (manejo de cultivos con base ecofisiológica, mejoramiento genético, etcétera).	Tecnológicas	Andrade *et ál.*, 2017; Viglizzo y Jobbagy, 2010
Bolivia	Reducir deforestación, coberturas con sistemas de riego. Planificación territorial.	Estructurales/físicas e institucionales	Andersen *et ál.*, 2014
Bolivia	Dispersar parcelas a diferentes altitudes para reducir riesgos.	Tecnológicas y sociales	Boillat y Berkes, 2013

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 7.B (Cont.). Revisión de publicaciones sobre prácticas de adaptación en la región de Sudamérica para el periodo entre 2013 y 2018. Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes (ver tabla).

Sudamérica			
País/región	**Opción de adaptación**	**Categoría**	**Fuente**
Brasil	Programa Pro-Alcohol para producir etanol de caña de azúcar.	Institucionales	Nasar y Moreira, 2013; Boddey *et ál.*, 2008
Brasil	Programa Pro-Alcohol para producir etanol de caña de azúcar.	Institucionales	Barros Soares *et ál.*, 2009a
Brasil	Diversificación de cultivos con sorgo y porotos.	Sociales	Barros Soares *et ál.*, 2009b
Brasil	Leyes que regulan la deforestación. Intensificación solo cuando es escaso el recurso tierra.	Tecnológicas e institucionales	Barretto *et ál.*, 2013
Brasil	Sistemas integrados de agricultura-ganadería.	Tecnológicas	Salton *et ál.*, 2014; . Lemaire *et ál.*, 2014
Brasil	Intensificación de la agricultura. Leyes contra deforestación.	Tecnológicas	Lapola *et ál.*, 2013
Brasil	Dobles cultivos por estación de lluvias más larga.	Tecnológicas	Arvor *et ál.*, 2014
Brasil	Mayor diversificación de cultivos y sistemas agroforestales.	Sociales y tecnológicas	Franchini *et ál.*, 2007
Brasil	Necesidad de generar pronósticos estacionales y sistemas de alerta.	Tecnológica y sociales	Marengo *et ál.*, 2017
Chile	Apoyar el uso sostenible de los recursos agua y suelo por NAMA. Sistemas de alerta temprana.	Institucionales	Ludeña y Ryfisch, 2015
Chile	Implementar gobernanza del agua. Riego campesino.	Institucionales	Delgado *et ál.*, 2015
Colombia	Riego por goteo solar. Nueva tecnología.	Estructurales/físicas y sociales	Galindo Montero *et ál.*, 2017
Colombia	Manejo de la sombra en los cafetales, renovación con variedades resistentes a la roya, asociación de cultivos, coberturas vegetales, siembra escalonada y reforestación.	Tecnológicas	Turbay *et ál.*, 2014
Colombia	Migración proyectada a áreas subtropicales.	Sociales	Jarvis y Escobar Carbonari, 2014
Colombia	Remediación de efectos de inundaciones, gestión del suelo, concienciación de riesgos.	Tecnológicas, sociales e institucionales	Alencastro, 2014
Colombia	Proyecto LivestockPlus: intensificación sostenible de la ganadería en los trópicos basada en el uso de los forrajes mejorados.	Tecnológicas e institucional	Serna *et ál.*, 2017
Colombia	Considerar la perspectiva de género en estrategias de mitigación para no desconocer los saberes tradicionales. Influencia de la guerra: mujeres jefas de hogar.	Sociales	Tafur *et ál.*, 2015a
Colombia	Producción silvopastoril intensiva. Principios agroecológicos.	Tecnológicas	Murgueitio *et ál.*, 2013
Ecuador	Diversificación de la producción, bancos de germoplasma, especies para control de erosión.	Tecnológicas	Alencastro, 2014
Perú	Adaptación incremental: sombra o riego; manejo de plagas y enfermedades, suelos y fertilidad. Adaptación con ajustes grandes: variedades nuevas; diversificación con robusta u otros cultivos.	Tecnológica	Avelino *et ál.*, 2015
Perú	Uso de conocimientos ancestrales para mejorar captación y cosecha de agua. Respeto a la biodiversidad.	Estructurales/físicas y sociales	Torres Guevara, 2015

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 7.B (Cont.). Revisión de publicaciones sobre prácticas de adaptación en la región de Sudamérica para el periodo entre 2013 y 2018. Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes (ver tabla).

Sudamérica			
País/región	**Opción de adaptación**	**Categoría**	**Fuente**
Perú	Tecnologías de riego y de uso del agua; capacitación de productores.	Institucionales	Banco Interamericano de Desarrollo, 2014
Perú	Disminuir pobreza incrementando la participación de las mujeres en la toma decisiones y propiedad en el mundo rural.	Sociales	Tafur *et ál.,* 2015b
Perú	Implementación de agricultura climáticamente inteligente: inversiones en infraestructuras de riego y conservación de áreas de recarga de agua; mejor manejo de pastos, prácticas ancestrales. Resistencia a plagas en arroz.	Institucionales	Banco Mundial *et ál.,* 2015
Uruguay	Gestión del agua, manejo sostenible de tierras, sistemas silvopastoriles, reservas de germoplasma.	Tecnológicas, sociales e institucionales	Alencastro, 2014
Argentina, Brasil, Paraguay, Bolivia y Uruguay	Intensificación de agricultura y abandono de tierras vulnerables (montañas, desiertos y áreas de suelos poco fértiles).	Sociales e institucionales	Grau y Aide, 2008
Argentina, Brasil, Paraguay, Bolivia y Uruguay	Disminución de la deforestación y expansión de la agricultura estival.	Tecnológicas	Graesser *et ál.,* 2015
Colombia, Perú y Ecuador	Conservar y restaurar las partes altas de las cuencas hidrográficas. Fomentar la agricultura de conservación en la parte alta y media de las cuencas. Fomentar las prácticas tradicionales y ancestrales en la agricultura familiar, identificando prácticas que aporten a la resiliencia.	Estructurales/físicas	Magrin, 2015
Colombia, México y Centroamérica	Nuevas variedades. Nuevos sistemas de cultivo. Sistemas de alerta.	Tecnológicas	Avelino *et ál.,* 2015
Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia	Levantamiento de campos (plataformas) o surcado en camellones (chinampas, waru-warus).	Estructurales/físicas	Altieri y Nicholls, 2017
Bolivia, Ecuador, Perú y Colombia	Fortalecer mecanismos de adaptación y resiliencia.	Sociales	Huggel *et ál.,* 2015

Tabla 7.C. Revisión de publicaciones sobre prácticas de adaptación en la región de la Península Ibérica para el periodo entre 2013 y 2018. Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes (ver tabla).

Península Ibérica			
País/región	**Opción de adaptación**	**Categoría**	**Fuente**
España	Adopción de manejo sostenible de tierras en gran escala.	Institucionales	Eekhout *et ál.*, 2016
Península Ibérica	Cambios de uso del suelo.	Institucionales	Fernández Nogueira y Corbelle Rico, 2017
España	Obras hidráulicas. Regulaciones y leyes de suelos. Ordenación territorial.	Estructurales/físicas e institucionales	Olcina Cantos, 2015

Tabla 7.D. Revisión de publicaciones sobre prácticas de adaptación en Iberoamérica, en las que el país o región concreta no aparece especificada, para el periodo entre 2013 y 2018. Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes (ver tabla).

País/región de Iberoamérica sin especificar			
País/región	**Opción de adaptación**	**Categoría**	**Fuente**
	Desplazamiento de zonas de plantación de café.	Tecnológicas	Reyer *et ál., Reg Environ Change* (2017), 17: 1601-1621
	Diversicación de cultivos, mantenimiento de la diversidad genética local, la integración de los animales, la adición de materia orgánica al suelo, la cosecha de agua, etc. Aumentos de resiliencia por redes agroecológicas campesino-campesino.	Tecnológicas y sociales	Nichools *et ál.*, 2015. Agroecologia
	Adquisición de nuevas tierras más altas para la industria vitivinícola.	Tecnológicas	Solaun *et ál.*, 2014
	Promoción de riego climático, uso de la agrobiodiversidad para aumentar resiliencia. Selecciones de cultivos adaptados a sequía. Uso de conocimiento tradicional.	Tecnológicas	Rodríguez y Meza, 2014
	Mayor efectividad con relación al impacto climático por medidas extensivas de adaptación, cambio en fechas de plantación y de cultivo.	Tecnológicas	Galindo *et ál.*, 2013
	Cambio a sistemas mixtos de producción, orientados al mercado, para disminuir presión sobre las selvas tropicales.	Institucionales	Weindl *et ál.*, 2015
	Agricultura climáticamente inteligente para el café: sombra o riego; manejo de plagas y enfermedades, suelos y fertilidad; variedades nuevas; diversificación con robusta u otros cultivos.	Sociales e institucionales	Martínez-Valle, 2016
	Estrategias participativas, gobernabilidad del agua, acceso a nuevas tecnologías, conocimiento tradicional (ej., amunas y andenes). Conservación de los recursos hídricos y la agrobiodiversidad. Fortalecimiento de la sociedad civil.	Institucionales	Torres, 2014
	Reforestación de 2.ª generación.	Tecnológicas	Chazdon *et ál.*, 2016

8

Recursos pesqueros

Jaime Mendo (Perú), Guillermo Caille (Argentina), Enric Massutí (España), Antonio Punzón (España), Jorge Tam (Perú), Sebastián Villasante (España) y Dimitri Gutiérrez (Perú).

Se recomienda citar este texto como:

Mendo, J., G. Caille, E. Massutí, A. Punzón, J. Tam, S. Villasante y D. Gutiérrez, 2020: Recursos pesqueros. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 291-346, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo **294**

8.1. Introducción **294**

8.1.1. Marco conceptual del capítulo 294

8.1.2. Principales cifras del sector 295

8.1.2.1. Producción pesquera y acuícola 295

8.1.2.2. Importancia para la seguridad alimentaria, el empleo y la economía 295

8.1.2.3. Situación actual y tendencias de los recursos pesqueros 296

8.1.3. Relación del sector con el clima y el cambio climático 297

8.1.4. Revisión de informes previos 298

8.2. Componentes del riesgo con relación al sector **299**

8.2.1. Amenazas 299

8.2.1.1. Provincia Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical 299

8.2.1.2. Provincia Pacífico SE templado cálida 299

8.2.1.3. Provincia Magallánica 300

8.2.1.4. Provincia Atlántico SW templado cálida 301

8.2.1.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida 301

8.2.1.6. Provincia Lusitana y mar Mediterráneo 301

8.2.2. Exposición 302

8.2.2.1. Provincia Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical 302

8.2.2.2. Provincia Pacífico SE templado cálida 302

8.2.2.3. Provincia Magallánica 302

8.2.2.4. Provincia Atlántico SW templado cálida 302

8.2.2.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida 303

8.2.2.6. Provincias Lusitana y mar Mediterráneo 303

8.2.3. Vulnerabilidad 303

8.2.3.1. Provincia Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical 303

8.2.3.2. Provincia Pacífico SE templado cálida 304

8.2.3.3. Provincia Magallánica 305

8.2.3.4. Provincia Atlántico SW templado cálida 305

8.2.3.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida 305

8.2.3.6. Provincias Lusitana y mar Mediterráneo 305

8.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos **306**

8.3.1. Provincias Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical 306

8.3.2. Provincia Pacífico SE templado cálida 307

8.3.3. Provincia Magallánica 308

8.3.4. Provincias Atlántico SW templado cálida 308

8.3.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida 309

8.3.6. Provincias Lusitana y mar Mediterráneo 309

8.4. Medidas de adaptación **310**

8.4.1. Opciones de adaptación 310

8.4.1.1. Provincias Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical 310

8.4.1.2. Provincia Pacífico SE templado cálida 310

8.4.1.3. Provincia Magallánica 313

8.4.1.4. Provincia Atlántico SW templado cálida ... 314
8.4.1.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida ... 314
8.4.1.6. Provincias Lusitana y mar Mediterráneo ... 314
8.4.2. Actividades de adaptación planificada ... 315
8.4.2.1. Escala supranacional ... 315
8.4.2.2. Escala nacional y subnacional ... 315
8.4.2.3. Escala local o municipal ... 320
8.4.3. Actividades de adaptación autónoma ... 320
8.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... 320
8.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación ... 321
8.7. Casos de estudio ... 325
8.7.1. Adaptación autónoma a la variabilidad climática de la pesquería de concha de abanico *(Argopecten purpuratus)* en el Perú ... 326
8.7.1.1. Resumen del caso ... 326
8.7.1.2. Introducción a la problemática del caso ... 326
8.7.1.3. Descripción del caso ... 326
8.7.1.4. Limitaciones e interacciones ... 327
8.7.1.5. Lecciones identificadas ... 327
8.7.2. Adaptación social frente al cambio climático de las mujeres en el marisqueo en Galicia (noroeste de España) ... 327
8.7.2.1. Resumen del caso ... 327
8.7.2.2. Introducción a la problemática del caso ... 328
8.7.2.3. Descripción del caso ... 329
8.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 329
8.7.2.5. Lecciones identificadas ... 330
8.7.3. Proyecto Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero de Perú – PE-G1001/PE-T1297 ... 330
8.7.3.1. Resumen del caso ... 330
8.7.3.2. Introducción a la problemática del caso ... 330
8.7.3.3. Descripción del caso ... 330
8.7.3.4. Limitaciones e interacciones ... 331
8.7.3.5. Lecciones identificadas ... 331
8.7.4. La pesca en la bahía de Samborombón, Argentina: vulnerabilidad y lineamientos para adaptación al cambio climático ... 332
8.7.4.1. Resumen del caso ... 332
8.7.4.2. Introducción a la problemática del caso ... 332
8.7.4.3. Descripción del caso ... 332
8.7.4.4. Limitaciones e interacciones ... 333
8.7.4.5. Lecciones identificadas ... 333
8.7.5. De la pesca al turismo con tortugas marinas: el caso de El Ñuro, Piura, Perú ... 333
8.7.5.1. Resumen del caso ... 333
8.7.5.2. Introducción a la problemática del caso ... 333
8.7.5.3. Descripción del caso ... 334
8.7.5.4. Limitaciones e interacciones ... 334
8.7.5.5. Lecciones identificadas ... 334
8.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias ... 334
8.9. Conclusiones ... 335
Preguntas frecuentes ... 336
Agradecimientos ... 337
Bibliografía ... 337

Resumen ejecutivo

La pesca y acuicultura son sectores de enorme interés en algunos de los países iberoamericanos. La región de Iberoamérica alberga ecosistemas únicos, diversos y productivos que aportan más del 10 % a la producción pesquera mundial y solo en América Latina y el Caribe dan ocupación a casi 2,4 millones de personas.

Tanto la pesca como la acuicultura se ven sometidas a diversas amenazas. Las amenazas potenciales para la pesca y la acuicultura son: (i) cambios en temperatura del mar a nivel local; (ii) acidificación del océano; (iii) aumento en el nivel del mar; (iv) cambios en la concentración de oxígeno ambiental; (v) incremento en la severidad y frecuencia de las tormentas; (vi) cambios en los patrones de circulación de corrientes marinas; (vii) cambios en los patrones de lluvia; (viii) cambios en los caudales de ríos, y (ix) cambios en flujos biogeoquímicos (nitrógeno).

La pesca y la acuicultura, en la mayoría de los países de la región, no han recibido la suficiente atención como otros sectores productivos. Esto es así a pesar de que ya se están observando los efectos del cambio climático en la productividad del sector. Las proyecciones realizadas muestran un panorama crítico para algunos países y un alto riesgo para las comunidades que dependen del sector.

El Caribe es una de las regiones de Iberoamérica con mayor vulnerabilidad a las amenazas del cambio climático, incluido el incremento del nivel del mar. Actualmente ya se observan mortandades elevadas y blanqueo de los arrecifes de coral en la región, y las proyecciones para fin de siglo muestran un mayor aumento de la temperatura y la acidificación.

En las aguas ibéricas atlánticas los cambios en la composición y distribución de las especies se están traduciendo en cambios importantes en las pesquerías y tendrán un efecto en las comunidades de pescadores y en los consumidores. La producción de mejillones presenta un alto riesgo frente a la reducción de la productividad, un incremento de los blooms de algas tóxicas y la acidificación.

Las actuaciones de adaptación planificada para el sector de la pesca y acuicultura, especialmente en América Latina y el Caribe, son escasas y mayormente se registran acciones de adaptación autónoma. En los países de la RIOCC existe un amplio portafolio de políticas públicas sobre cambio climático tanto en adaptación como en mitigación. Sin embargo, pese a los esfuerzos de los gobiernos, todavía no se implementan de manera práctica en el sector pesca.

La sobrepesca, la contaminación, la introducción de especies exóticas y el mal uso de los cuerpos acuáticos en la región, y en especial en América Latina, son factores de estrés no climáticos que agravan los impactos del cambio climático.

Los esfuerzos de transformación en el sector de la pesca y la acuicultura deben ser orientados a incrementar la capacidad de adaptación de las comunidades más vulnerables (ya sea por falta de recursos, por género u otros factores) fortaleciendo la gobernanza, el desarrollo del conocimiento y reduciendo los niveles de pobreza e inseguridad alimentaria.

Tanto en la pesca como en la acuicultura existen opciones para la adaptación. Las principales opciones de adaptación en el sector son: cultivo de especies con mayor tolerancia térmica, salina y a la hipoxia; formulación de nuevos alimentos; planes de manejo adaptativo y con enfoque ecosistémico, monitoreo espacial de los recursos y la biodiversidad marina; reducción del descarte y la pesca incidental; análisis de riesgos en los planes de gestión; adaptación de la infraestructura portuaria; sistema de seguros ante eventos climáticos extremos; fomento del consumo de especies de peces de bajo valor comercial; artes y aparejos de pesca amigables; protección de hábitats críticos o esenciales en manglares y estuarios; mejora de sistemas de gobernanza (comanejo), y diversificación de los medios de vida de la población implicada.

8.1. Introducción

8.1.1. Marco conceptual del capítulo

La pesca ha sido una de las actividades realizadas por el hombre desde tiempos ancestrales como medio de subsistencia alimentaria y practicada de manera artesanal en el mar y en aguas continentales de todo el planeta. La industrialización y la expansión de la pesca en el siglo xx originaron un rápido incremento de los desembarques, incentivado por el aumento de la demanda de productos pesqueros para consumo humano directo e indirecto por parte de las economías más desarrolladas. Estos mercados son cada vez más abastecidos por pescado importado de países en desarrollo o capturado en las aguas de países en desarrollo por varias flotas de aguas oceánicas.

Según el IPCC (2014), los ecosistemas marinos y de aguas continentales serán impactados por el cambio climático, afectando a la pesca y la acuicultura. Estresores climáticos marinos, como el incremento de la temperatura, el incremento del nivel del mar, la acidificación, la desoxigenación, entre otros, tendrán efectos en la biodiversidad, la productividad de los ecosistemas, así como en la distribución de las especies y sus ciclos de vida, trayendo consigo impactos en la actividad de pesca, como la variabilidad o reducción de las capturas, así como impactos socioeconómicos, tales como el desempleo, incremento de la pobreza, etc. (**Figura 8.1**). Frente a este escenario, los impactos del cambio climático en la pesca y acuicultura dependerán del nivel del riesgo, que a su vez depende del grado de vulnerabilidad, de exposición y de capacidad adaptativa.

Por su parte, la vulnerabilidad y las medidas de adaptación pueden ser evaluadas en relación con la sostenibilidad de la producción pesquera, la condición de las economías nacionales, la seguridad alimentaria o de los medios de vida, y a nivel de regiones, países, comunidades, sectores, operaciones pesqueras, hogares o individuos (Daw *et ál.,* 2009).

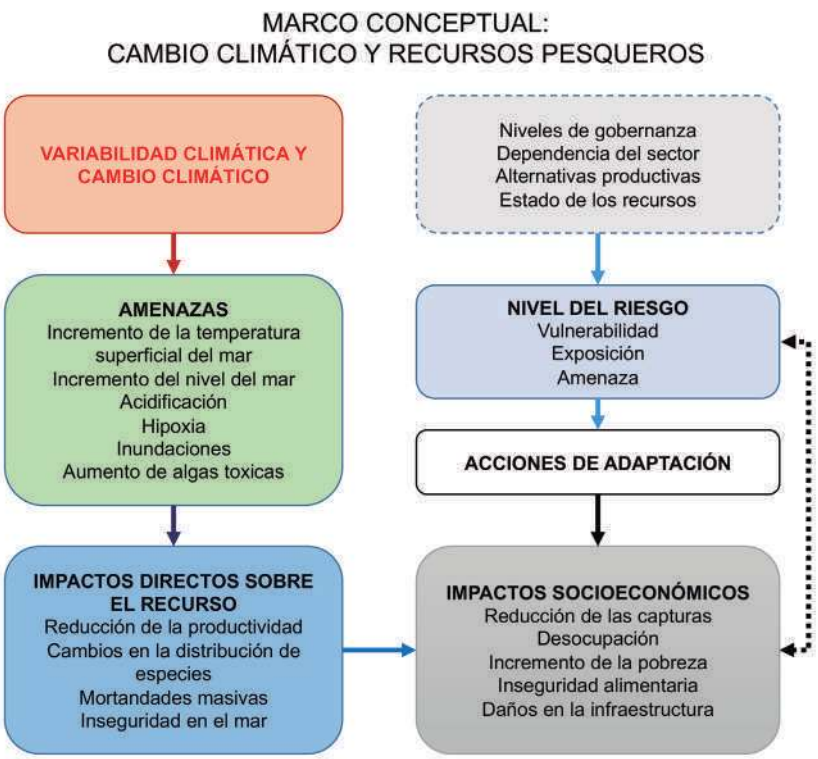


Figura 8.1. Marco conceptual de los impactos del cambio y la variabilidad climáticos en la pesca y la acuicultura en relación con los riesgos y la identificación de acciones de adaptación. Fuente: elaboración propia.

8.1.2. Principales cifras del sector

8.1.2.1. Producción pesquera y acuícola

Según la FAO (2018), la producción mundial de la pesca y la acuicultura (pescados y mariscos) alcanzó aproximadamente la cifra de 171 millones de toneladas en el 2016, de los que 151 millones de toneladas (88 %) fueron utilizados para el consumo humano directo. La producción procedente de las pesquerías marinas (79,3 millones) y continentales (11,6 millones) representó el 53,2 % de la producción global y la procedente de la acuicultura (80 millones), el 46,8 %. La producción acuícola, incluyendo las plantas acuáticas, en 2016 fue de 110 millones de toneladas (80 millones de peces y 30 de plantas acuáticas), estimada en un valor de primera venta de 243.500 millones de dólares. La acuicultura marina contribuyó con 28,7 millones de toneladas y la acuicultura de agua dulce, con 51,4 millones de toneladas, lo que representaría un 16,8 % y un 30 % de la producción global, respectivamente. El valor económico total de la primera venta de la producción pesquera y acuícola en 2016 se estimó en 362.000 millones de dólares, de los cuales 232.000 millones de dólares procedían de la acuicultura (FAO, 2018). Las capturas totales mundiales experimentaron un descenso de 2 millones de toneladas respecto a los 81,2 millones de toneladas registradas en 2015 debido, sobre todo, al descenso de las capturas provenientes de Chile y Perú a causa de los efectos de El Niño (FAO, 2018). Las zonas marinas con la mayor producción a nivel mundial se encuentran en el Pacífico Noroccidental, Pacífico Centro-oriental, Atlántico Nororiental y en el Pacífico Sudoriental, mientras que las aguas continentales con la mayor producción se encuentran en Asia y África. De los 25 principales países que lideran el *ranking* mundial de capturas, seis pertenecen a la región RIOCC, en este orden de importancia: Perú (5.° productor mundial), Chile (12.°), México (16.°), España (19.°), Argentina (22.°) y Ecuador (23.°) (FAO, 2018).

8.1.2.2. Importancia para la seguridad alimentaria, el empleo y la economía

La comunidad científica coincide en destacar la enorme importancia que tienen los océanos y las aguas continentales para la seguridad alimentaria y la nutrición adecuada de una población mundial que se prevé alcance los 9.700 millones de habitantes en 2050 (ver, por ejemplo, Selig *et ál.,* 2017), así como soporte clave en la generación de servicios ecosistémicos indispensables para el bienestar e incluso la supervivencia de aproximadamente 750 millones de personas, los seres humanos que habitan en las zonas costeras e insulares (IPBES, 2019; IPCC, 2019). Las tendencias en el consumo per cápita de pescado de 1960 a 2013 en algunos países de la RIOCC como España, Perú y México son crecientes, y en otros, como Cuba, muestran tendencias negativas (**Figura 8.2**). En promedio, en América Latina y el Caribe el consumo de pescado anual per cápita pasó de 7,1 kg en 1961 a 9,6 en el 2013, y los países que más consumieron pescado en el 2013 fueron Portugal con alrededor de 53,8 kg, España con 42,4 kg y México con 10,5 kg.

El 85 % de la población mundial empleada en los sectores de la pesca y la acuicultura se encuentra en Asia, seguida de África (10 %) y América Latina y el Caribe (4 %) (FAO, 2018). La pesca artesanal constituye una fuente importante, a menudo infravalorada, de empleo, de seguridad alimentaria y de ingresos, especialmente en el mundo en desarrollo y en las zonas rurales, y representa un 90 % del empleo (a jornada completa o parcial) del sector (World Bank, 2012). Se considera que del 70 % al 80 % de las empresas acuícolas son

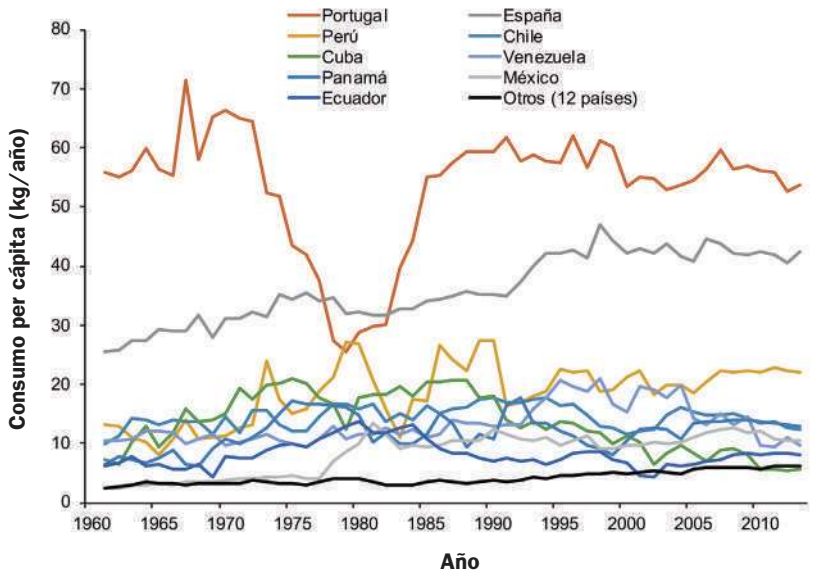


Figura 8.2. Consumo de pescado per cápita (kg/año) en países de la RIOCC.
Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT (2019).

de pequeña escala (Subasinghe *et ál.,* 2012). Christensen *et ál.* (2014) demuestran para el caso de Perú que la pesca para consumo humano genera la mayor parte de los ingresos del sector pesquero peruano y constituye el 87 % del empleo del sector pesquero, comparado con el 13 % generado por la industria harinera y otras empresas relacionadas. En el Mediterráneo hay que señalar también la importancia de la pesca recreativa. En las Islas Baleares, una de las pocas áreas donde se ha estudiado esta pesquería (Morales-Nin *et ál.,* 2005, 2007, 2015), se estima que el 5-10 % de la población del archipiélago (73.000 personas) se dedica a esta actividad, utilizando gran diversidad de métodos y artes de pesca (p. ej., líneas de mano, curricanes, trampas y *jigging* desde embarcación, cañas desde tierra y pesca submarina con arpón) y explotando un elevado número de especies (hasta 60 peces y cefalópodos). Las capturas de la pesca recreativa de Mallorca se han estimado entre 1.200 y 2.700 t/año, lo que representa el 30-65 % de los desembarques oficiales de la pesquería comercial (4.000 t/año).

En términos económicos, la pesca y la acuicultura aportan al PIB de los países de la RIOCC de manera diversa. En Centroamérica (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá), la pesca y la acuicultura sumaron en promedio, entre los años 2000 y 2010, un volumen de producción de 422.210 t/año, valoradas en 2.039 millones de dólares anuales (FAO, 2014). Estos países aportaron el 24,5 % al PBI del sector primario y el 2,6 % a la economía nacional. Las exportaciones de América Latina y el Caribe representaron en 2016 alrededor del 25 % de las exportaciones mundiales y se focalizaron en el camarón, atún, salmón y harina de pescado procedentes de Ecuador, Chile y Perú, respectivamente. En los años 2016 y 2017 las exportaciones aumentaron debido a una mayor producción y al incremento de los precios del atún (FAO, 2018). Con respecto a la Península Ibérica, en España, el sector pesquero contribuye con el 1 % del PBI, siendo de particular relevancia en regiones como Galicia, País Vasco, Andalucía y Canarias. La pesca en Galicia representa alrededor del 40 % de la flota española, el 50 % de sus capturas y el 60 % del empleo directo e indirecto del sector pesquero (Villasante *et ál.,* 2016), contribuyendo con más del 10 % del PIB de esta región (en comparación con el 0,1 % del PBI del sector pesquero en la Unión Europea), con el consiguiente valor estratégico para su desarrollo. En Portugal, los sectores de la pesca y acuicultura representan menos del 1 % del PBI. No obstante, estos sectores pueden ser de vital importancia en numerosas zonas costeras (Sines, Leixões, Setúbal y Aveiro, entre otros). En 2016, las flotas pesqueras de España y Portugal estaban compuestas por 9.459 y 8.100 embarcaciones, con un volumen de descargas de 895.000 toneladas y 173.000 toneladas, por un valor económico de más de 2.086 y 390 millones de euros, respectivamente (STECF, 2018).

8.1.2.3. Situación actual y tendencias de los recursos pesqueros

Según la FAO (2018), el porcentaje de poblaciones explotadas a niveles biológicamente insostenibles se incrementó del 10 % en 1974 al 33,1 % en 2015, y los mayores aumentos se registraron a finales de los años 1970 y 1980. Ello se traduce en tendencias negativas de la producción pesquera mundial que se acentúan aún más cuando se observan las capturas mundiales reconstruidas, incluyendo descartes y pesca ilegal, no regulada y no reportada (IUU), reportadas por Pauly y Zeller (2014). Los estudios de reconstrucción de capturas demuestran un panorama más desalentador. Así, por ejemplo, para Galicia (España) Villasante *et ál.* (2016) reportaron que, en un escenario conservador, el volumen total de capturas reconstruidas es 1,5 superior a las capturas oficiales; por su parte, para Argentina los autores reportaron que las capturas reconstruidas llegan incluso a duplicar las capturas oficiales. Las estadísticas oficiales de la FAO muestran tendencias negativas en las capturas totales para América del Sur, el Caribe, España y Portugal, a diferencia de México, Brasil y Centroamérica (**Figura 8.3**). Las poblaciones de peces que se encuentran dentro de niveles biológicamente sostenibles han mostrado una tendencia decreciente del 90 % en 1974 al 66,9 % (con un 59,9 % plenamente explo-

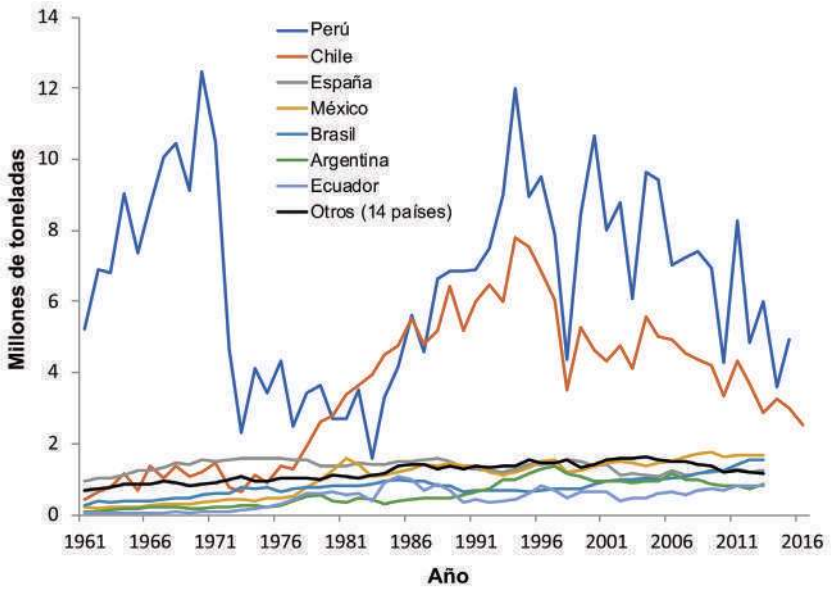


Figura 8.3. Capturas anuales (millones de toneladas) de los países de la RIOCC.
Fuente: elaboración propia con datos de FishStatJ (2019).

tadas y el 7 % subexplotadas) en 2015. Esta situación es preocupante, ya que mantener las poblaciones en niveles por debajo del máximo rendimiento sostenible (MRS) no solo tiene consecuencias ecológicas negativas, sino que también reduce la producción pesquera a largo plazo, lo que posteriormente acarrea consecuencias negativas de tipo social y económico. La sobrepesca causa, por lo general, la reducción de los ingresos y de la eficiencia económica, además del aumento de la variabilidad y la disminución de la capacidad de recuperación de las poblaciones de peces o de otros recursos pesqueros (Hsieh *et ál.,* 2006). Esto es particularmente relevante en la medida en que las poblaciones sobreexplotadas son, a menudo, mucho más susceptibles frente a los impactos del cambio climático. Los ecosistemas acuáticos han sido profundamente alterados por la pesca y se ha difundido la tendencia a pescar en niveles cada vez más bajos de la red trófica a medida que los peces disminuyen en los niveles superiores. Esto ha determinado la merma de las cosechas en los niveles tróficos inferiores (Pauly *et ál.,* 1998; Allan *et ál.,* 2005). Algunas especies caracterizadas por su alta actividad reproductiva y alta tasa de renovación pueden llegar a extinguirse (Sadovy y Cheung, 2003), y especies de niveles tróficos bajos y con elevadas biomasas muestran niveles de biomasa muy por debajo de los niveles históricos, lo que se traduce en una reducción de las capturas anuales (Da Rocha *et ál.,* 2014). Asimismo, la pesca incidental y la degradación de los hábitats también suponen pérdidas de biodiversidad marina (Worm *et ál.,* 2006, 2009; Allan, 2005) y pueden repercutir en ciertos procesos ecológicos, como la depredación (Myers *et ál.,* 2007), la bioerosión (Bellwood *et ál.,* 2003), la provisión de alimento a las aves marinas (Jahncke *et ál.,* 2004) y el transporte de los nutrientes (Allan *et ál.,* 2005). La presión selectiva dominante ocasionada por la pesca afecta probablemente también al carácter genético de las poblaciones (Hutchings, 2000).

8.1.3. Relación del sector con el clima y el cambio climático

Los procesos climáticos afectan al funcionamiento de los ecosistemas marinos a diferentes escalas temporales y espaciales (Rouyer *et ál.,* 2008), lo cual a su vez puede tener consecuencias para los sistemas socioecológicos de manera directa o indirecta (**Figura 8.4**). Existe una variabilidad natural en las corrientes, la temperatura y el oxígeno, entre otros factores, que afectan a la alimentación, el crecimiento y los patrones migratorios de las poblaciones acuáticas (Miller *et ál.,* 2010). Además, de presentar una variación estacional, presentan variaciones interanuales (por ejemplo, El Niño Oscilación del Sur, ENOS) y multidecenales (la Oscilación Decenal del Pacífico y la Oscilación Multidecenal del Atlántico). Estos modos de variabilidad se manifiestan en cambios en la circulación atmosférica global, patrones de ciclones y huracanes, monzones y patrones de precipitación y calor, con episodios asociados de sequía e inundaciones (Reid, 2018) que afectan a los sistemas marinos y de agua dulce en toda la red alimentaria, empezando con la producción de fitoplancton y las especies que sustentan la pesca (Chávez *et ál.,* 2008; Salvatteci *et ál.,* 2018).

En adición a esta variabilidad climática natural, a la cual los recursos pesqueros de alguna manera se han adaptado, el cambio climático de origen antropogénico está causando, o se espera que cause, cambios biológicos y ecológicos en el océano (Brierley y Kingsford, 2009). Específicamente, los cambios en las condiciones físicas del océano (p. ej., temperatura, corrientes oceánicas) y biogeoquímicas (p. ej., acidez, contenido de oxígeno, productividad primaria, estructura de la comunidad planctónica) pueden provocar variaciones en el crecimiento, el tamaño corporal, la distribución, la productividad y la abundancia de especies marinas, incluidas las que son explotadas por la pesca (Perry *et ál.,* 2005; Behrenfeld *et ál.,* 2006; Brander, 2007; Portner, 2010; Simpson *et ál.,* 2011; Cheung *et ál.,* 2010; Breitburg *et ál.,* 2013). Los efectos del cambio climático en la vida marina se extienden a todos los niveles de organización, desde individuos, poblaciones y comunidades hasta ecosistemas completos (Rijnsdorp *et ál.,* 2009; Hoegh-Guldberg y Bruno, 2010; Walther, 2010; Poloczanska *et ál.,* 2013). Cabe indicar que la magnitud de las respuestas fenológicas al cambio climático es variable entre los grupos funcionales y los niveles tróficos. Por lo tanto,

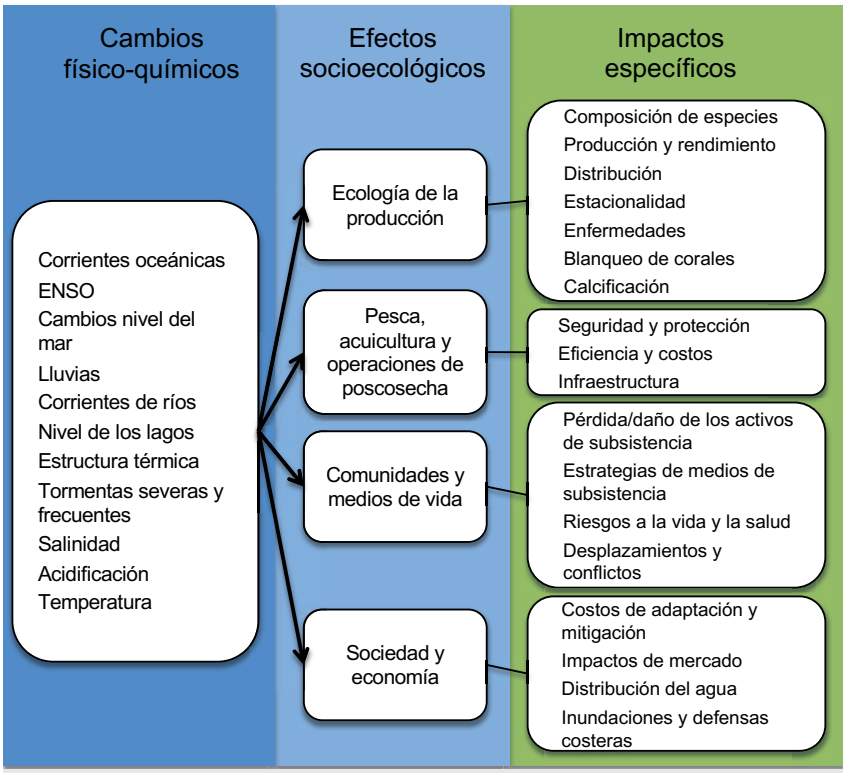


Figura 8.4. Impactos del cambio climático en la pesca y acuicultura. Fuente: adaptado de Badjeck *et ál.* (2010).

se espera que el desacoplamiento de los eventos fenológicos provoque cambios en las interacciones tróficas, las estructuras de la red alimentaria y la función del ecosistema (Edwards y Richardson, 2004).

La mayoría de las especies de animales acuáticos para el consumo humano son poiquilotermos y, por lo tanto, están expuestos al calentamiento oceánico. El aumento del nivel del mar, la acidificación y la desoxigenación de los océanos, los cambios en la productividad del océano, los patrones de circulación y la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos (por ejemplo, monzones) también son amenazas importantes para la industria de la acuicultura a través de los impactos en las propiedades físico-químicas del agua o en daños a la infraestructura portuaria y acuícola (De Silva y Soto, 2009). Por lo tanto, los cambios en el clima global presentan desafíos y oportunidades importantes para las sociedades y las economías.

8.1.4. Revisión de informes previos

El Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (AR5; IPCC, 2014) examina las pruebas científicas sobre las tendencias y las causas del cambio climático, los riesgos para los sistemas naturales y humanos, y las opciones de adaptación y mitigación. El Capítulo 27 de dicho informe analiza los impactos, la adaptación y vulnerabilidad en América del Sur (SA) y América Central (CA) (Magrin *et ál.,* 2014) para recursos hídricos, sistemas terrestres y aguas continentales, sistemas costeros, sistema de producción de alimentos y seguridad alimentaria, asentamientos humanos, industria e infraestructura, energía renovable y salud. El Capítulo 26 (Romero-Lankao *et ál.,* 2014) evalúa la literatura sobre los impactos observados y proyectados, las vulnerabilidades y los riesgos, así como sobre las prácticas y opciones de adaptación en tres países de América del Norte: Canadá, México y los Estados Unidos. Asimismo, el Capítulo 23 de dicho informe (Kovats *et ál.,* 2014) revisa la evidencia científica sobre los impactos observados y proyectados del cambio climático en los países europeos, incluyendo los de la Península Ibérica. Se analizan los impactos del aumento del nivel del mar y precipitaciones extremas, de eventos climáticos extremos (fríos o cálidos), producción de energía hidráulica, incremento de la temperatura del mar y sus implicaciones para la agricultura, recursos pesqueros, recursos forestales y producción de bioenergía. El informe también contiene un capítulo sobre el océano (Capítulo 30; Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2014) que examina en qué medida los cambios regionales en el océano pueden detectarse con precisión y atribuirse al cambio climático antropogénico y a la acidificación de los océanos, basándose en las respuestas ecológicas y fisiológicas marinas al cambio climático y la acidificación del océano abordados en el Capítulo 6 del mismo informe (Pörtner *et ál.,* 2014). En dicho capítulo, se evalúan los impactos, los riesgos y las vulnerabilidades asociadas con el cambio climático y la acidificación de los océanos en siete subregiones oceánicas, y se analizan las consecuencias esperadas y las opciones de adaptación para los sectores clave de los océanos, incluyendo la pesca y acuicultura.

Asimismo, el IPCC ha publicado un informe especial sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales en el contexto del fortalecimiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos para erradicar la pobreza (IPCC 2018). Este informe evalúa las vías de mitigación compatibles con la limitación del calentamiento a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales y la nueva evidencia científica de los cambios en el sistema climático y los impactos asociados en los sistemas naturales y humanos, con un enfoque específico en la magnitud y el patrón

de riesgos para el calentamiento global de 1,5 °C por encima de los niveles en el periodo preindustrial. Con relación a los recursos pesqueros, el Capítulo 3 de dicho informe (Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2018) presenta los impactos observados y riesgos proyectados en sistemas naturales y humanos que incluyen los sistemas de producción de alimentos de la pesca y acuicultura en países insulares en desarrollo.

Recientemente el IPCC ha publicado un informe especial sobre el océano y la criósfera en un clima cambiante (IPCC, 2019) que evalúa nuevos conocimientos sobre cómo el océano y la criósfera están cambiando y se espera que se modifiquen con el calentamiento global, los riesgos y las oportunidades que estos cambios traen a los ecosistemas y las personas, y las opciones de mitigación, adaptación y gobernanza para reducir los riesgos futuros. Se resalta la importancia de los océanos y las zonas congeladas del planeta y la necesidad de actuar con carácter urgente a fin de priorizar iniciativas oportunas, ambiciosas y coordinadas para abordar cambios observados que no tienen precedentes. Este informe analiza las transformaciones e impactos observados, los cambios y riesgos proyectados y la implementación de respuestas al cambio del océano y la criósfera en relación con el ambiente físico, los ecosistemas, las personas y los servicios ecosistémicos. Finalmente, el informe llega a la conclusión de que una reducción marcada de las emisiones de gases de efecto invernadero, la protección y la restauración de los ecosistemas y una gestión cuidadosa del uso de los recursos naturales permitirían preservar los océanos y la criósfera como fuente de oportunidades que ayudasen a adaptarse a los cambios futuros, limitasen los riesgos para los medios de subsistencia y proporcionasen múltiples beneficios adicionales al conjunto de la sociedad.

8.2. Componentes del riesgo con relación al sector

Según el IPCC (2014), el riesgo resulta de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro o amenaza. En esta conceptualización, las amenazas o peligros representan los eventos biofísicos reales, como por ejemplo, el incremento de la temperatura, que son impulsados por el cambio climático y se describen por su magnitud y probabilidad (1 °C o 2 °C). La exposición describe lo que está siendo afectado por el peligro (p. ej., potencial pesquero) y la vulnerabilidad tiene que ver con cuán sensible es el sistema o la población afectada a un peligro en particular, dada su exposición (un recurso sobreexplotado o con rango de tolerancia estrecho será más sensible a esta amenaza). Las principales amenazas del cambio climático para la pesca y la acuicultura marina son el incremento de la temperatura del mar, cambios en la estacionalidad, aumento del nivel del mar, incremento de eventos extremos y catastróficos, aumento de la precipitación, acidificación e hipoxia y proliferación de microalgas tóxicas. La FAO (2018) considera que los factores estresantes no climáticos constituyen una amenaza más grave para la pesca continental que los factores estresantes climáticos. Estas amenazas generan cambios en la distribución de las especies y en la productividad de los ecosistemas, erosión de las costas e inundaciones, incremento de la mortandad de recursos pesqueros y acuícolas, así como de ecosistemas asociados a la pesca, lo que a su vez genera riesgos para la seguridad alimentaria y la salud, pobreza, desocupación, pérdida de vidas humanas, y afecta a los ingresos económicos de los países, dependiendo de la magnitud del impacto, la exposición y su vulnerabilidad. Daw *et ál.* (2009) resumen las repercusiones ecológicas, directas y socioeconómicas del cambio climático en las pesquerías y dan algunos ejemplos al respecto (**Figura 8.5**). Estas resultan de procesos vinculados a los ecosistemas o a los sistemas políticos, económicos y sociales.

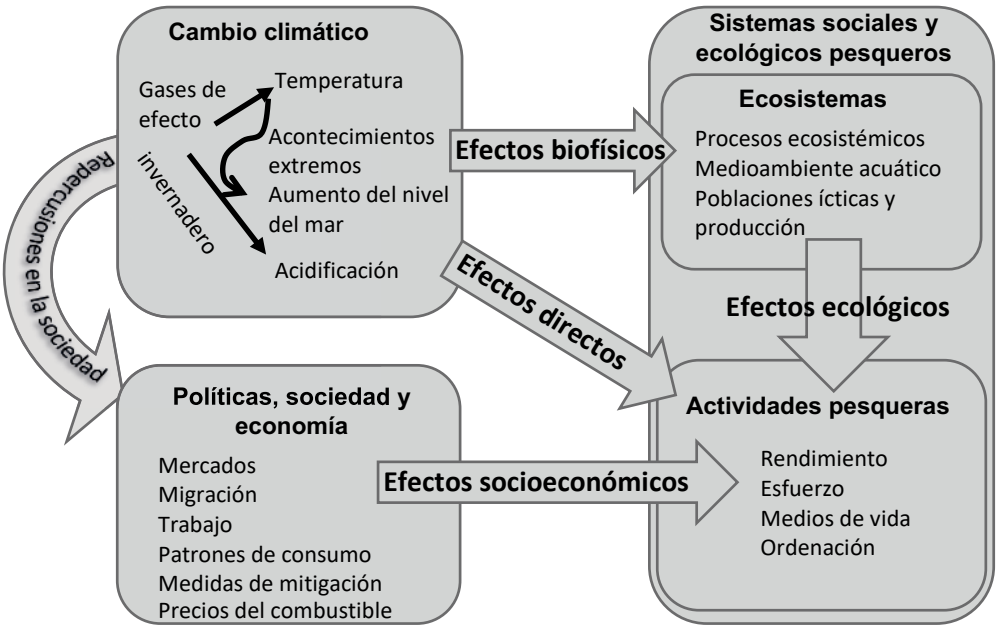
8.2.1. Amenazas

8.2.1.1. Provincia Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical

El incremento de temperatura en la región del Pacífico NE tropical, frente a América Central, está afectando a los recursos (Lluch-Cota *et ál.,* 2013). La desoxigenación, manifestada como una expansión de las zonas hipóxicas o de su intensidad, representa una amenaza importante, ya que la capa mínima de oxígeno es notoria en esta región por su tamaño y grado de hipoxia (Fiedler y Lavin, 2017). Igualmente, la acidificación es una amenaza preocupante, ya que las proyecciones revelan que es una de las regiones que alcanza la limitación de aragonito para el desarrollo de corales (Lluch-Cota *et ál.,* 2018). Mortandades masivas de especies dentro del Golfo se han asociado a la proliferación de algas nocivas, y existe evidencia de que el número de especies tóxicas y la frecuencia y duración de los eventos están aumentando (Lluch-Cota *et ál.,* 2018).

8.2.1.2. Provincia Pacífico SE templado cálida

Contrariamente a otras regiones, la costa del Pacífico Sur de Sudamérica ha experimentado un enfriamiento costero de aproximadamente 1 °C desde al menos la década de 1970 hasta la primera década del 2000, que se extendió desde el centro de Perú hasta el centro-sur de Chile (Gutiérrez *et ál.,* 2011; Magrin *et ál.,* 2014; Gutiérrez *et ál.,* 2016; Yáñez *et al.*, 2018). Esta región de afloramiento está afectada por fluctuaciones estacionales, interanuales (p. ej., ENOS) y decenales (Chávez *et al.,* 2008). Se espera en el futuro un aumento en la intensidad y duración de los vientos favorables a los afloramientos frente a Chile, y una disminución (moderada) o cambios no significativos frente al Perú (Belmadani *et ál.,* 2014; Wang *et ál.,* 2015; Gutiérrez *et ál.,* 2019), así como un aumento de la estratificación y un fuerte calentamiento de la superficie de las aguas peruanas y, en menor medida, de las aguas



Repercusiones ecológicas (descritas en el 1.er estudio)	Repercusiones directas	Repercusiones socioeconómicas
Cambios en el rendimiento	Daños a las infraestructuras	Afluencia de pescadores migrantes
Cambios en la distribución de las especies	Daños a los aparejos	Aumento de los precios del combustible
Aumento de la variabilidad de las capturas	Aumento de los riesgos en el mar	Menoscabo de la salud a causa de las enfermedades
Variaciones estacionales de la producción	Pérdidas/ganancias de rutas de navegación	Rentabilidad relativa de los demás sectores
	Inundaciones sufridas por las comunidades pesqueras	Disponibilidad de recursos ordenables
		Menor seguridad
		Fondos de adaptación

Figura 8.5. Repercusiones ecológicas, repercusiones directas y repercusiones socioeconómicas del cambio climático en las pesquerías y ejemplos de cada caso. Fuente: Daw *et al.,* 2009.

chilenas (Oerder *et ál.,* 2015; CEPAL, 2015). Estos últimos cambios podrían favorecer una expansión de la zona mínima de oxígeno subsuperficial (ZMO) con bajo pH, además de la frecuencia de floraciones algales nocivas, eventos de hipoxia y acidificación en las zonas someras. Aunque no hay consenso sobre los cambios de frecuencia o amplitud, se espera que los eventos extremos de El Niño y La Niña sean más frecuentes (Cai *et ál.,* 2015). Sin embargo, El Niño seguirá siendo una amenaza para el Pacífico Sudeste, afectando al clima de la región (IPCC, 2013; Bertrand *et ál.,* 2018). El aumento del nivel medio del mar acompañado por el aumento de los eventos El Niño (EN), que originan lluvias intensas y oleajes anómalos (PRODUCE, 2016a), es una amenaza para la infraestructura pesquera en las costas de Perú y Chile.

8.2.1.3. Provincia Magallánica

En la región patagónica de Argentina la temperatura superficial del mar (TSM) ha cambiado en los últimos 50 años y las proyecciones señalan un aumento en más de 3 °C hacia fin de siglo, así como un crecimiento de las precipitaciones en un 25 % (Popova *et ál.,* 2016). El incremento del nivel del mar y los oleajes son una fuerte amenaza especialmente

para la plataforma patagónica de Chile (CEPAL, 2015), ya que aumentan los riesgos para los sitios de desembarque y los sistemas de cultivos marinos, así como la infraestructura en la línea de costa de la región. El incremento de eventos extremos y catastróficos (tormentas, aumentos de la precipitación y eventos de hipoxia) localizados en las costas y generalizados en alta mar y la proliferación de microalgas perjudiciales son considerados como amenazas para la pesca y acuicultura en esta región.

8.2.1.4. Provincia Atlántico SW templado cálida

La TSM a lo largo de la costa atlántica de América del Sur se ha calentado en los últimos 30 años a tasas entre 0,2 °C y 0,4 °C por década (Lima y Wethey, 2012). En el Atlántico Sur de Brasil, Uruguay y parte de la plataforma patagónica en Argentina, la TSM ha cambiado más rápidamente en los últimos 50 años y se prevé que aumente en más de 3 °C para 2099 (Popova *et ál.,* 2016). Se espera que el aumento de la TSM esté acompañado por una acidificación y una reducción del pH resultante de 0,3 a 0,4 para el periodo entre 2081 y 2100 (IPCC, 2014). Esta región ha mostrado uno de los mayores aumentos de precipitación en todo el mundo durante el último siglo, y se espera que esta tendencia continúe, con un aumento en la precipitación del 5 al 20 % para 2050 (Nagy *et ál.,* 2008) y un alto caudal del río asociado con los eventos de El Niño (Vögler *et ál.,* 2015). Se ha observado un incremento en la frecuencia y la fuerza de las marejadas ciclónicas en las zonas costeras del río de la Plata (D'Onofrio *et ál.,* 2008), acompañado por un aumento en la velocidad y la frecuencia de los vientos del sur en tierra que aumentan las tasas de erosión costera (Gutiérrez *et ál.,* 2016).

8.2.1.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida

El aumento de la TSM en el Atlántico Oeste Central es una amenaza que muestra una considerable disparidad influenciada por las principales corrientes en esta región (Oxenford y Monnereau, 2018) con un calentamiento lento durante el periodo de 1957 a 2012, que va desde un aumento de 0,38 °C en la TSM en la plataforma norte de Brasil hasta un aumento de 0,15 °C a 0,16 °C para el Caribe y el golfo de México, respectivamente. Los modelos a escala regional indican que en el Caribe el pequeño rango anual en la TSM continuará disminuyendo de un promedio actual de 3,3 °C a solo 2,3 °C para finales de siglo, de modo que la estacionalidad será menos diferenciada (Nurse y Charlery, 2016). En el Atlántico tropical (Stramma *et ál.,* 2012) se ha observado una disminución de la capa mínima de oxígeno (que representa un límite de hábitat hipóxico para las especies con alta demanda de oxígeno), y una disminución de la surgencia y una mayor estratificación en el sur del Caribe. Las zonas muertas de temporada (que carecen de suficiente oxígeno) en el golfo de México (GdM) continúan expandiéndose cada verano (Helleman y Rabalais, 2009). Por otro lado, en el Atlántico Oeste Central la disminución del pH ha seguido la tendencia global y ha estado acompañada por una disminución sostenida en el estado de saturación de aragonito (ǝar) (aunque estacional y espacialmente variable, según la influencia de la SST y la salinidad) de un valor promedio anual de 4,05 a 3,39 en solo 11 años (1996 a 2006; Gledhill *et ál.,* 2008). Se espera que los valores de ǝar en esta región alcancen 3,0-3,5, mientras que la pCO2 que alcanza 550 ïatm reduzca ǝar a < 3,0, un valor asociado con la erosión del arrecife de coral (Gledhill *et ál.,* 2008).

El aumento del nivel del mar (ANM) también amenaza a esta región y, durante las últimas seis décadas, se incrementó a una tasa de 1,8 ± 0,1 mm/año en el Caribe (Palanisamy *et ál.,* 2012) y se proyecta un aumento de entre 0,35 y 0,65 m (dependiendo del escenario de emisiones utilizado) para fines de este siglo (2081 a 2100) en relación con el periodo 1986 a 2005 (Church *et ál.,* 2013). Comparando las décadas de 1950 a 1960 y de 1998 a 2008, la frecuencia de los eventos extremos en el ANM se ha incrementado significativamente (20 % a 60 %) en todo el Caribe, mientras que ha habido pocos cambios en la plataforma del norte de Brasil (Church *et ál.,* 2013; Losada *et ál.,* 2013). El delta del Misisipi en el golfo de México está experimentando un aumento del nivel del mar tres veces mayor que el promedio mundial, y el impacto costero varía regionalmente de acuerdo con el rango de mareas y la frecuencia de las marejadas (Losada *et ál.,* 2013). Esto implica que el Caribe y el golfo de México, que experimentan micromareas y un aumento de la temperatura del mar, serán los más afectados, mientras que el norte de Brasil, con sus macromareas y una menor frecuencia de tormentas, se verá afectada al este.

Finalmente, hay evidencias de que más tormentas tropicales en la región del Caribe y el golfo de México se están convirtiendo en peligrosos huracanes de categoría cuatro y cinco (Murakami *et ál.,* 2012; Magrin *et ál.,* 2014).

8.2.1.6. Provincia Lusitana y mar Mediterráneo

En la región atlántica del norte de España, la temperatura del agua superficial se ha incrementado durante el periodo 1982-2014 a una tasa de 0,026 °C/año^{-1} (Costoya *et ál.,* 2015). Este calentamiento también se detecta en aguas de hasta 1.000 m de profundidad (González-Pola *et ál.,* 2012), pero no hay evidencias recientes de ello a > 5.000 m (Prieto *et ál.,* 2015). En la región mediterránea al este de la Península Ibérica, según Vargas-Yáñez *et ál.* (2010), el aumento de la temperatura del agua superficial durante 1948-2007 varió entre 0 °C y 0,5 °C. Entre 200 y 600 m de profundidad, la temperatura aumentó entre 0,05 °C y 0,2 °C y la

salinidad, entre 0,03 y 0,09. A mayor profundidad (1.000 y 2.000 m), el aumento de temperatura y salinidad fue de 0,03 °C-0,1 °C y 0,05-0,06, respectivamente. En esta zona también se ha observado una reducción del pH en las últimas décadas, y aunque esta acidificación también se detecta en capas más profundas, las tasas son menores que en aguas superficiales (Ríos *et ál.,* 2001; Castro *et ál.,* 2009). Otra amenaza en esta región es el aumento del nivel del mar, que se estimaba en torno a los 2 mm/año^{-1} para el siglo XX (Marcos *et ál.,* 2005; Caballero *et ál.,* 2008; Leorri *et ál.,* 2008), aunque las tasas de aumento del nivel del mar obtenidas para la última década del siglo XX y primeros años del XXI superan en casi 1 mm/año^{-1} a las publicadas para el siglo XX. También se ha registrado en el Cantábrico un aumento de la altura de la ola de aproximadamente 1,5 cm año^{-1} en el periodo del 1958-2001 asociado al cambio climático, junto con un aumento en el número de temporales (Anadón y Roqueñi 2009).

Las aguas superficiales del Mediterráneo occidental también presentan una clara y significativa tendencia de calentamiento durante las últimas décadas del siglo XX, siendo la tasa media de cambio del orden de 0,03 °C año^{-1} (Pascual *et ál.,* 1995; Salat y Pascual 2002, 2006; Calvo *et ál.,* 2011) y de 0,04 °C/año^{-1} durante la primera década del siglo XXI (Kersting *et ál.,* 2013; Marbà *et ál.,* 2015). De hecho, recientemente se ha comprobado que el agua del Mediterráneo está acidificándose a un ritmo de ~0,0044 unidades de pH/año^{-1} (Flecha *et ál.,* 2015), valores que superan la media de acidificación para los otros océanos durante el mismo periodo (-0,1 unidades; Raven *et ál.,* 2005). El nivel del mar del Mediterráneo también se ha incrementado desde los años noventa entre 2 y 8,7 mm/año (Pascual, 2006), contrariamente a la altura de las olas, que muestran durante el periodo 1958-2001 una disminución significativa de aproximadamente 0,08 cm año^{-1} (Lionello y Sanna, 2008).

8.2.2. Exposición

8.2.2.1. Provincia Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical

Los modelos proyectan para la mayoría de las zonas tropicales una exposición a cambios en la productividad y estructura de los ecosistemas y una reducción en el potencial de captura de la sardina, el calamar (Pörtner *et ál.,* 2014; Cheung *et ál.,* 2016) y el camarón (Lluch-Cota 2018) (ver sección **8.3**). Asimismo, la pesca de pequeña escala y el turismo están muy expuestos a estos cambios, ya que dependen fuertemente de los recursos costeros en los ecosistemas de arrecifes de coral, manglares y pastos marinos. Por lo tanto, los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria se encuentran en riesgo frente a los efectos del cambio climático.

8.2.2.2. Provincia Pacífico SE templado cálida

Aunque todavía existe incertidumbre sobre cómo los diferentes factores de cambio impactarán en la productividad y la biodiversidad de esta región, es de suponer que afecten a la fenología, la distribución espacial y la composición de especies de los productores primarios y secundarios. La disminución de la productividad y el aumento de la temperatura del mar afectarían a los niveles de biomasa y captura de la anchoveta (*Engraulis ringens*) (Brochier *et ál.,* 2013; Gutiérrez *et ál.,* 2019), y con ello el desarrollo de la industria de aceite y harina de pescado más importante en el mundo y la producción de animales terrestres y acuícolas se verían muy expuestos frente a estas amenazas. En general, aunque los sistemas de afloramiento en el Pacífico Este ocupan un área pequeña, los impactos del cambio climático sobre ellos tendrán consecuencias desproporcionadamente grandes para la sociedad humana (IPCC, 2019). Las comunidades costeras también estarán expuestas al aumento del nivel del mar y las fuertes lluvias y oleajes anómalos originados por una mayor frecuencia e intensidad de los eventos EN. Asimismo, los cultivos marinos de peces (como el salmón) e invertebrados (como *Argopecten purpuratus* y *Concholepas concholepas*) en esta región estarán expuestos también a la desoxigenación y acidificación, aunque todavía es limitado el conocimiento sobre la interacción de estos factores de estrés con los recursos (Yáñez *et ál.,* 2018).

8.2.2.3. Provincia Magallánica

Los cambios en la distribución de las especies de las aguas tropicales y subtropicales de Brasil hacia latitudes más altas en Uruguay y Argentina (Fogarty *et ál.,* 2017) representan oportunidades para el desarrollo de nuevas pesquerías en esta región. Los ecosistemas en la región magallánica estarán expuestos al incremento de la temperatura que causará cambios en la distribución de los recursos y la invasión de algunas especies, como por ejemplo, el exótico salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) en la conexión oceanográfica Pacífico-Atlántico, que puede impactar a las especies forrajeras clave en los ecosistemas del Atlántico (Becker *et ál.,* 2007). Por otro lado, la producción acuícola de salmones en Chile estará expuesta a los cambios en la temperatura del agua y la salinidad, disminución en el oxígeno disuelto, ocurrencia de floraciones de algas nocivas (FAN) y enfermedades (Soto *et ál.,* 2019).

8.2.2.4. Provincia Atlántico SW templado cálida

En esta región la estructura del ecosistema está expuesta a cambios en la distribución de las especies hacia latitudes más altas en Uruguay y Argentina (Fogarty *et ál.,* 2017), lo que representa la reducción de las capturas. La pesquería de algunas especies, como la sardinella (*Sardinella brasiliensis*),

estarán expuestas al aumento de la TSM, que puede poner en peligro su reclutamiento y, por lo tanto, sus capturas (Soares *et ál.,* 2014). Asimismo, la pesquería del camarón está expuesta a un proyectado aumento de las descargas de los ríos en el sur de Brasil relacionado con la disminución en las capturas de camarón (Gasalla *et ál.,* 2017) y, por lo tanto, con un importante medio de subsistencia de las comunidades pesqueras. Por otro lado, los ecosistemas están expuestos a la invasión de otras especies que pueden generar cambios en la red trófica (Bergamino *et ál.,* 2012). Las poblaciones humanas costeras estarán expuestas a inundaciones y destrucción de infraestructura, y los ecosistemas marinos, a mortalidades masivas de especies y la introducción de especies invasoras.

8.2.2.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida

En esta región en particular, los arrecifes de coral están expuestos a los eventos de blanqueo de coral masivos inducidos por el aumento en la TSM (especialmente en 1998, 2005 y 2010; Eakin *et ál.,* 2010), que aumentarán en frecuencia e incluso se convertirán en eventos anuales en esta región a mediados del siglo XXI (Van Hooidonk *et ál.,* 2015). Asimismo, los corales en el Caribe y el golfo de México estarán expuestos a un aumento de enfermedades del coral relacionadas con el incremento de la TSM (Bruno y Selig, 2007) y con tormentas cada vez más intensas y dañinas que han producido pérdida de especies de arrecifes de coral (Newman *et ál.,* 2015) y cambios en la estructura comunitaria (por ejemplo, Hughes *et ál.,* 2007). También los hábitats esenciales tropicales y subtropicales, como los pastos marinos, los manglares y las marismas de estuarios en las cuencas del Caribe y del golfo de México, en particular, estarán expuestos no solo a los efectos del cambio climático, sino también a estresantes antropogénicos crónicos, como el desarrollo costero y la eutrofización, que afectan a la producción de algunas especies clave, como los pastos marinos (Van Tussenbroek *et ál.,* 2014; Ward y Tunnell, 2017). Asimismo, en el Atlántico Oeste Central, la disminución de los manglares en gran medida se debe a que están expuestos al desarrollo costero (incluida la acuicultura) y la extracción de madera (Ward *et ál.,* 2016). Bajo el cambio climático futuro, se espera que los manglares sean los más afectados en el Caribe (especialmente en los países insulares).

Los sistemas estuarinos, especialmente del golfo de México, expuestos a un incremento de temperatura muestran un aumento en el tamaño y la extensión de las «zonas muertas» de verano (hipoxia estacional), registran bajos niveles de oxígeno en la columna de agua y son una amenaza para la vida marina (Phillips y Pérez-Ramírez, 2017; Tunnell, 2017). Se espera que la hipoxia estacional se agrave con el aumento de las lluvias y el agua más cálida. El aumento de los niveles de eutrofización y de la TSM en conjunto también favorecen el florecimiento de las algas pelágicas (flotantes), dando como resultado «mareas verdes» más frecuentes y floraciones de algas tóxicas (Smetacek y Zingone, 2013), así como varamientos de sargazo pelágico (Franks *et ál.,* 2016), provocando daños como la mortalidad masiva de importantes lechos de pastos marinos y corales asociados a través del sombreado, anoxia y carga excesiva de nutrientes (Van Tussenbroek *et ál.,* 2017). Por lo tanto, los servicios ecosistémicos de cualquiera de los hábitats costeros se verán afectados por los cambios en la productividad biológica de cualquiera de los hábitats costeros, y los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de las comunidades costeras estarán expuestas a estos cambios. Las poblaciones insulares del Caribe y de las costas del golfo de México estarán fuertemente expuestas al incremento de la temperatura y del nivel del mar y al aumento de tormentas tropicales y huracanes.

8.2.2.6. Provincias Lusitana y mar Mediterráneo

La región atlántica del norte de España está muy expuesta al incremento de temperatura y es probable que en las próximas décadas la biomasa y composición del plancton sea diferente de la actual, con mayor número de especies típicas de aguas cálidas, con un tamaño corporal menor que las actuales y con menores valores de biomasa en la zona oriental (mar Cantábrico) y especialmente en las costas occidentales de Galicia (Bode *et ál.,* 2012). Los invertebrados bentónicos y las praderas de algas están expuestas a mortandades altas debido al incremento de la temperatura.

Algunos recursos pesqueros están expuestos a cambios en su área de distribución o su abundancia (Punzón *et ál.,* 2016) debido a cambios en su dinámica poblacional (p. ej., reclutamiento) por el incremento de temperatura (Sánchez y Gil, 2000; Santos *et ál.,* 2004; Villamor *et ál.,* 2011). Estos cambios en recursos pesqueros también se han evidenciado en la región mediterránea al este de la Península Ibérica (p. ej., Lloret *et ál.,* 2001; 2004, Palomera *et ál.,* 2007; Maynou, 2008a, 2008b; Massutí *et ál.,* 2008; Martin *et ál.,* 2016). En esta área, además, se han observado cambios en la capturabilidad de algunos de estos recursos (Company *et ál.,* 2008; Vargas-Yañez *et ál.,* 2009; Amores *et ál.,* 2014). La flora y fauna de los ecosistemas marinos en el Mediterráneo están expuestas a un proceso de tropicalización y meridionalización, tal y como muestra el CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean (CIESM, 2019).

8.2.3. Vulnerabilidad

8.2.3.1. Provincia Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical

Las capturas de pequeños pelágicos como *Sardinops sagax y Engraulis mordax,* además de las del atún (10 especies)

Recuadro 8.1. Las actividades humanas incrementan la vulnerabilidad de la pesca

Los cambios proyectados en la disponibilidad de recursos marinos y servicios ecosistémicos afectarán a la economía, los medios de vida humanos y la seguridad alimentaria. La vulnerabilidad es más alta para las economías nacionales de los países costeros tropicales. En muchos países de la RIOCC, en especial en vías de desarrollo, las actividades humanas como la pesca excesiva, la contaminación, la descarga de nutrientes y el mal uso de los cuerpos acuáticos afectan a las condiciones de los cuerpos acuáticos e interactúan con los efectos climáticos y hacen difícil identificar el efecto de un factor en el contexto del cambio climático o identificar los efectos combinados de todos estos factores.

La gestión basada en los ecosistemas (GBE, un enfoque que reconoce todo, incluidas las interacciones humanas dentro de un ecosistema) y el enfoque por ecosistemas (EE, una estrategia para la gestión integrada de los recursos vivos que promueve la conservación y el uso sostenible) se adoptan cada vez más a nivel mundial para hacer frente a la multitud de presiones humanas sobre los ecosistemas marinos. Por lo tanto, la gestión de los ecosistemas bajo el cambio climático aumenta la resiliencia de los mismos y la capacidad de adaptación de los sistemas de gestión al reducir otras perturbaciones humanas (p. ej., la sobrepesca).

y calamar (*Dosidicus gigas*), serán más vulnerables a las amenazas del cambio climático que las de los camarones (*Farfantepenaeus spp., Litopenaeus spp., Solenocera spp., Sicyonia spp.*) (Lluch-Cota *et ál.,* 2018), que podrían experimentar efectos positivos con el cambio climático.

La pesca de pequeña escala en esta región depende de los ecosistemas amenazados (arrecifes de coral, manglares y praderas marinas), y su baja capacidad de diversificarse o adaptarse la convierte en una actividad sumamente vulnerable al cambio climático. El estado de sobreexplotación de los recursos y la débil gobernanza (FAO, 2018) en la mayoría de países de esta región contribuyen aún más a la vulnerabilidad del sector.

La acuicultura marina y la de agua dulce, como el cultivo de camarón en Ecuador, son muy vulnerables a las inundaciones, a la subida del nivel del mar y al incremento de floraciones algales nocivas. Los impactos a largo plazo pueden incluir una menor disponibilidad de semillas silvestres, así como una menor precipitación que conduce a una mayor competencia por el agua dulce. Se estima que Belice, Honduras, Costa Rica y Ecuador presentarán los mayores impactos para la acuicultura de agua dulce (Barange *et ál.,* 2018).

8.2.3.2. Provincia Pacífico SE templado cálida

El ecosistema marino en esta región no solo es vulnerable a los efectos del cambio climático, sino también a la alta variabilidad natural (ENOS), todos ellos factores que originan cambios drásticos en la estructura y función del ecosistema (Bertrand *et ál.,* 2018).

En el norte de la región, del lado del Pacífico, el hábitat de muchas especies pelágicas es vulnerable a la reducción de la capa de superficie bien oxigenada. En contraste con la anchoveta (*Engraulis ringens*), que tiene la capacidad fisiológica para hacer frente a la disminución de la concentración de oxígeno, la sardina y el jurel chileno son mucho más vulnerables en áreas y periodos con bajas concentraciones de oxígeno disuelto (Bertrand *et ál.,* 2016). La pesca industrial se convierte en un sector vulnerable, ya que depende de un número reducido de especies con perspectivas globalmente negativas en términos de nivel de existencias (Cheung *et ál.,* 2018).

La vulnerabilidad de la pesca artesanal y de pequeña escala está relacionada con la fuerte dependencia de algunas especies que experimentan oscilaciones naturales drásticas y que probablemente están sobreexplotadas. A ello se suman el déficit en infraestructura, el escaso conocimiento sobre la ecología y la dinámica de poblaciones de la mayoría de las especies capturadas, así como las deficiencias en el control y las políticas y normativas para el sector (Bertrand *et ál.,* 2018).

En general, se estima un bajo nivel de vulnerabilidad de la acuicultura chilena frente a los efectos del cambio climático (Soto y Quiñones, 2013), aunque el cultivo del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) refleja mayor nivel de vulnerabilidad, especialmente frente a la acidificación. El rol del ostión del norte se justifica, ya que, si bien genera una muy baja sensibilidad en la economía y el Estado, se enfrentaría a significativos efectos del cambio climático y la variabilidad climática. La vulnerabilidad del cultivo de esta especie también está sujeta a la alta producción en Perú con condiciones ambientales favorables y bajos costos de obtención (Kluger *et ál.,* 2018) que puede causar su desplazamiento del mercado internacional, como ocurrió en el año 2013. Cabe también recordar que la vulnerabilidad del cultivo de esta especie es mayor en el ambiente natural que en ambientes controlados (Gutiérrez *et ál.,* 2019).

En Perú, la pesca artesanal en Piura, que integra de manera importante la dieta humana en el Perú, muestra una vulnerabilidad alta (PRODUCE, 2016a). Lo mismo se proyecta para la pesca industrial de anchoveta en Chimbote, una de las zonas más productivas de esta especie. Por su parte, la acuicultura en Puno principalmente orientada a la trucha presenta una vulnerabilidad media.

8.2.3.3. Provincia Magallánica

En esta región, el cultivo de salmones es sumamente importante y su producción crece a una tasa mayor que en otras regiones, y, sin embargo, generan el más alto nivel de sensibilidad en la economía y el Estado (Gonzales *et ál.,* 2013). Este cultivo es vulnerable a enfermedades, floraciones de algas nocivas, reducción del oxígeno y cambios en las condiciones ambientales. Una enfermedad puede eliminar la producción de áreas completas y causar estragos en el empleo y en el desarrollo local, tal como ocurrió con la producción salmonera en el norte de la Patagonia en Chile en el 2016 como resultado de una enfermedad viral que se expandió rápidamente (León-Muñoz *et ál.,* 2016).

La parte magallánica de Argentina será vulnerable a los cambios en la distribución de las especies, tal como se mencionó antes en relación con la invasión de salmones y con la migración de especies de la zona de Brasil. En el primer caso, los efectos serán negativos para el ecosistema, pero, en el segundo caso, se verá favorecido por la presencia de especies que podrían abrir oportunidades de desarrollo de nuevas pesquerías.

8.2.3.4. Provincia Atlántico SW templado cálida

La TSM en la mayor parte de esta región está cambiando más rápidamente que en la mayoría de las demás regiones y, por lo tanto, la hace más vulnerable a los cambios en la distribución de las especies de peces, que a su vez conducirán a mayores costos (combustible, aprendizaje, cambios), a una interrupción en el apoyo a la pesca y la cadena de valor de los productos del mar, así como al desplazamiento de los operadores pesqueros existentes (Bertrand *et ál.,* 2018). A ello se suman la disminución de la disponibilidad y la falta de cadena de frío y de condiciones sanitarias óptimas en la producción de pescado para alimentos, especialmente en Brasil. Al igual que en otras regiones, la escasez de conocimiento sobre el estado poblacional de la mayoría de las especies objetivo y una deficiencia en la gobernanza incrementan su nivel de vulnerabilidad.

8.2.3.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida

La vulnerabilidad en la pesca en la región del *Atlántico Oeste Central* podría ser considerable debido a su alto nivel de exposición a las variables del cambio climático, la alta dependencia económica del sector pesquero y la baja capacidad de adaptación de muchos de los países de la región (Monnereau *et ál.,* 2017). Las islas del Caribe presentan una alta vulnerabilidad debido a su tamaño, susceptibilidad a desastres naturales, concentración de poblaciones humanas e infraestructura en la zona costera, alta dependencia de recursos marinos, fragilidad ambiental y excesiva dependencia del comercio internacional (Nurse *et ál.,* 2014; Monnereau *et ál.,* 2017). A nivel mundial, el sector pesquero en el Caribe y la plataforma del norte de Brasil son consideradas como las zonas más vulnerables al cambio climático por sus altos niveles de exposición y sensibilidad, así como una reducida capacidad de adaptación (Monnereau *et ál.,* 2017). El arrecife de coral mesoamericano ubicado en las costas de Belice, Honduras y Guatemala (Eakin *et ál.,* 2010) es vulnerable a eventos de decoloración debido a las temperaturas extremas en el Caribe occidental. Las proyecciones de la temperatura superficial del mar utilizando los escenarios SRES (A1FI, sensibilidad a 3 °C y A1B con sensibilidad a 2 °C y 4,5 °C) indican que es posible que el arrecife de coral mesoamericano se derrumbe a mediados de siglo (entre 2050 y 2070), causando grandes pérdidas económicas (Vergara, 2009).

8.2.3.6. Provincias Lusitana y mar Mediterráneo

En el Mediterráneo, donde una gran proporción de las capturas es de individuos jóvenes (Lleonart y Maynou 2003), las pesquerías son altamente dependientes del reclutamiento y, por tanto, más vulnerables a la variabilidad climática. Esta vulnerabilidad es mayor si tenemos en cuenta que la mayoría de los *stocks* explotados por la flota española en la región mediterránea al este de la Península Ibérica están en situación de sobrepesca (FAO, 2018), como en gran parte del Mediterráneo (Colloca *et ál.,* 2013). En las pesquerías de la región atlántica del norte de España la situación es similar, si bien durante la última década se está reduciendo el esfuerzo pesquero sobre los *stocks* demersales, con los consiguientes efectos positivos para la recuperación de estas poblaciones (Modica *et ál.,* 2014). No obstante, hay especies en situación crítica, como la cigala (*Nephrops norvegicus*), que no muestra síntomas de recuperación, y la sardina (*Sardina pilchardus*), que lleva casi una década fuera de sus límites biológicos de seguridad.

La vulnerabilidad de estas pesquerías al cambio climático no debe plantearse solo a nivel de especies, sino también a nivel de las comunidades biológicas de las que forman parte estas especies y los hábitats en los que desarrollan sus ciclos vitales. A modo de ejemplo, Jordà *et ál.* (2012) han señalado que el aumento de la temperatura máxima del agua, a consecuencia del calentamiento global, provocará mayor mortalidad de la fanerógama marina *Posidonia oceanica,* lo que conllevará la regresión e, incluso, extinción funcional de las praderas que forma esta especie endémica del Mediterráneo. La pérdida de este hábitat litoral, que en las Islas Baleares puede extenderse hasta los 50 m de profundidad, podrá afectar negativamente a la pesca recreativa, ya que, entre otros muchos servicios, es zona de cría y reclutamiento de varias especies de peces objetivo de esta pesquería (Moranta *et ál.,* 2006).

8.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

Los impactos generados por los factores climáticos presentan repercusiones ecológicas directas y socioeconómicas y dependen de la magnitud de estos factores y la vulnerabilidad que presenta cada país o provincia marina (ver **Figura 1.12** en **Capítulo 1** de este mismo informe). La **Tabla 8.1** resume los factores de cambio, los impactos y los riesgos más importantes que el cambio climático podría generar para la pesca y acuicultura en las diferentes provincias marinas circunscritas a los países de la RIOCC.

La **Figura 8.6** muestra las proyecciones del impacto del cambio climático sobre el potencial pesquero para el 2050 y 2100 y bajo escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5 (Cheung *et ál.,* 2010, 2018). La mayor pérdida en el potencial máximo de captura la registra Chile seguido de Brasil, Argentina, México y Perú. Sin embargo, estos modelos son globales y no incorporan los posibles efectos sinérgicos de la acidificación de los océanos y el esfuerzo de pesca.

8.3.1. Provincias Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical

El calentamiento más fuerte se producirá en América Central, y la hipoxia representa un problema importante para la pesca y acuicultura (Fiedler y Lavin, 2017). Las proyecciones revelan que la acidificación en estas regiones será una limitación para el desarrollo de arrecifes de coral y, por lo tanto, existe un alto riesgo para la pesca y el turismo, que son el sustento de muchas comunidades costeras y de inversiones privadas.

En Baja California, Ecuador y el golfo de California existe el riesgo de la disminución de las capturas de peces pelágicos menores debido a una disminución de la producción planctónica (Poertner *et ál.,* 2014), aunque los mayores riesgos en el Pacífico NE templado están muy estrechamente ligados a la degradación de los ecosistemas por la acuicultura, el turismo, la urbanización, la contaminación, la escorrentía de tierras urbanas y agrícolas, y un deficiente manejo pesquero (Lluch-Cota *et ál.,* 2018).

Tabla 8.1. Factores de cambio, los impactos y los riesgos más importantes que el cambio climático podría generar para la pesca y acuicultura en las diferentes provincias marinas circunscritas a los países de la RIOCC. Abreviaturas: Pacífico NE templado cálida (PNETC); Pacífico NE tropical (PNET); Pacífico SE templado cálida (PSETC); Juan Fernández y Desventuradas (JFD); Magallánica (MAG); Atlántico SW templado cálida (ASWTC); Atlántico SW tropical (ASWT); plataforma del N de Brasil (PNBR); Atlántico NW tropical (ANWT); Atlántico NW templado cálida (ANWTC); Lusitana (LUS); mar Mediterráneo (MED). Fuente: elaboración propia.

Amenazas	Riesgos/impactos generales	Riesgos específicos para la producción pesquera y acuícola	Extensión
Aumento de la temperatura y cambios en la estacionalidad	Redistribución de los recursos	Cambios en composición de especies y volúmenes de captura	ANWT, ANWTC, MED, PNBR, MAG, ASWTC, ASWT
	Cambios ecofisiológicos	Cambios en la productividad y en el potencial pesquero y acuícola marino y continental	ANWT, ANWTC, MED, PNBR, PSETC
	Cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas	Redistribución y pérdida en la productividad y en el potencial pesqueros	ANWT, ANWTC, MED, PNBR, LUS, MAG, ASWTC, ASWT
	Mortandad de especies y deterioro de ecosistemas	Pérdida de servicios ecosistémicos (seguridad alimentaria, esparcimiento)	ANWT, ANWTC, MED, PNBR
Aumento del nivel del mar e incremento de eventos extremos y catastróficos	Inundaciones en áreas costeras	Pérdida de hábitat e infraestructura pesquera y acuícola, y disminución de producción acuícola	MED, ANWT, ANWTC, PNBR, PNETC, PSETC, MAG, ASWTC, ASWT
	Oleajes fuertes	Inseguridad en el mar	ANWT, ANWTC, PNBR, PSETC
Aumento de la precipitación	Inundaciones en áreas costeras	Pérdida de hábitat y de infraestructuras pesquera y acuícola, y disminución de producción acuícola	ANWT, ANWTC, PNET
Acidificación del océano	Aumento de mortandad de corales	Pérdida de servicios ecosistémicos disminución de producción acuícola	MED, ANWT, ANWTC, PNBR, PNETC, PSETC, ASWTC, ASWT
	Mortandad de especies calcificadoras	Pérdida de servicios ecosistémicos, reducción de volúmenes de pesca, y pérdida de producción acuícola	MED, ANWT, ANWTC, PNBR, LUS, PSETC, ASWTC, ASWT
Hipoxia	Alta mortandad de especies y pérdida de hábitat para la fauna asociada a la pesca y la acuicultura	Reducción de hábitats y disminución de producción pesquera y acuícola	ANWT, ANWTC, PNBR, PNETC, PNET, PSETC, MAG, ASWTC, ASWT
Proliferación de microalgas tóxicas	Aumento de mortandad de especies	Disminución de producción pesquera y acuícola	ANWT, ANWTC, LUS, PNETC, PNET

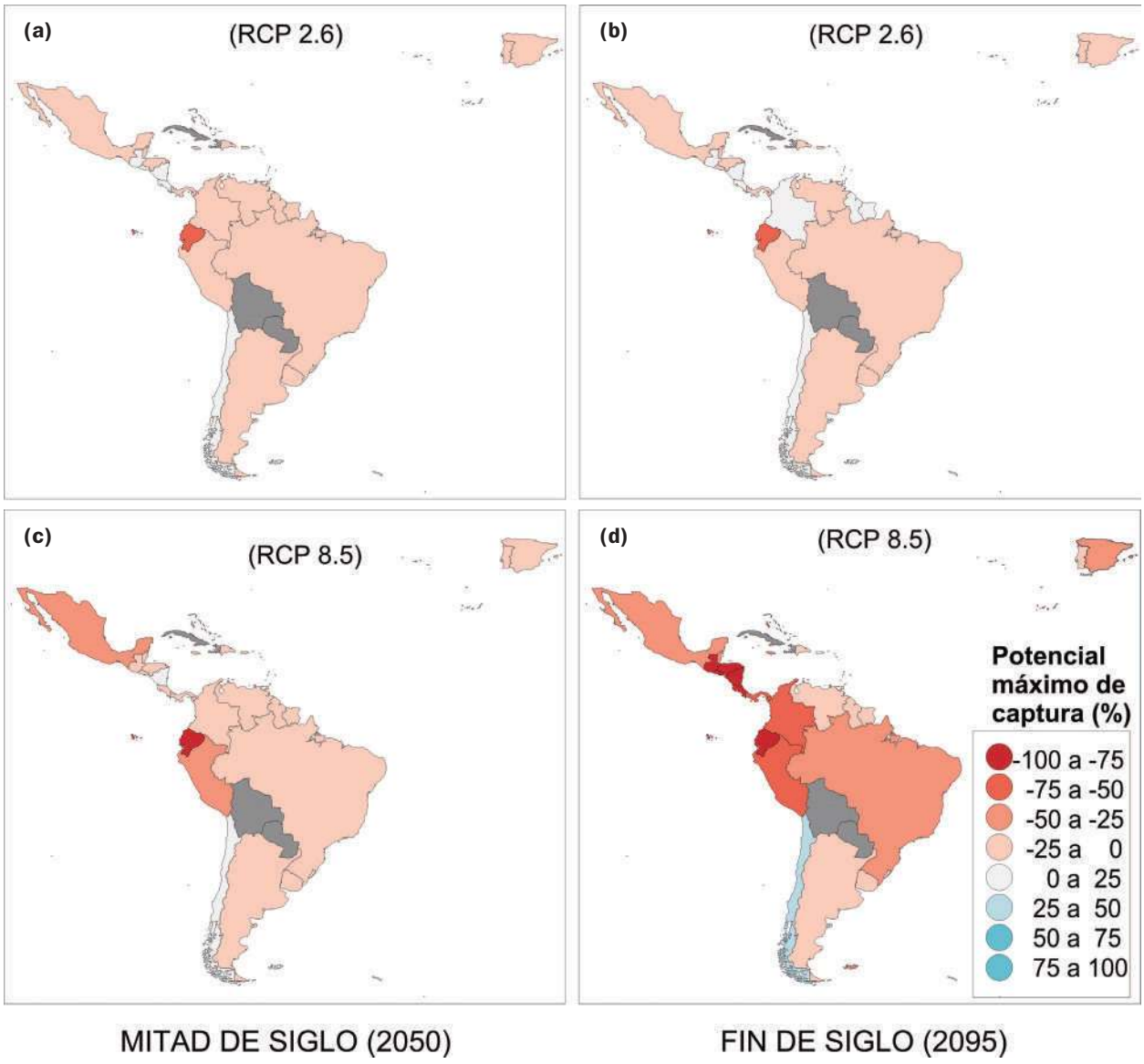


Figura 8.6. Cambios proyectados en el potencial máximo de captura (%) bajo RCP 2.6 y RCP 8.5 para 2050 [(a) y (c)] y 2095 [(b) y (d)].
Fuente: elaborado con datos de Cheung *et ál.* (2018).

Los cambios en la distribución latitudinal del calamar generarán desplazamientos de sus pesquerías con el riesgo de que los costos operativos se incrementen. Lo mismo se proyecta para la pesquería de atunes en relación con su distribución regional y sus patrones de migración (Lluch-Cota *et ál.,* 2018). Los impactos en la pesquería de camarones son inciertos y solo se sabe que sus poblaciones se incrementan frente a eventos El Niño.

La pesca artesanal es altamente sensible a los cambios en la distribución debido a que las especies que se capturan están asociadas a los arrecifes de coral, manglares y pastos marinos, que son ecosistemas vulnerables y en algunos casos amenazados. Ello incrementará el riesgo ocupacional y nutricional en estos países.

8.3.2. Provincia Pacífico SE templado cálida

En un escenario de calentamiento existe el riesgo de una disminución del potencial pesquero de especies pelágicas debido a una reducción significativa del éxito del desove (Brochier *et ál.,* 2013). Se estima una disminución moderada del potencial pesquero para 2050 y 2095 de -1,6 a -3 % para Chile y aproximadamente 0 a -7,6 % para Perú (Cheung *et ál.,* 2018). Las versiones preliminares de los modelos de ecosis-

temas regionales pronostican un fuerte riesgo de colapso de la anchoveta en Perú antes de fin de siglo de mantenerse los niveles actuales de explotación pesquera (BID/CEPAL, 2014; Oliveros-Ramos *et ál.,* 2017; Gutiérrez *et ál.,* 2019).

En el norte de esta provincia, la reducción de la capa mínima de oxígeno a menos de 10 m de profundidad limita considerablemente el volumen de hábitat de la mayoría de las especies pelágicas (Bertrand *et ál.,* 2018), especialmente de la sardina y el jurel chileno, que evitan áreas y periodos en los que se presentan bajas concentraciones de oxígeno disuelto (Bertrand *et ál.,* 2016). Ello incrementa el riesgo de cambios en la distribución de las especies y podría ocurrir frente a las costas de Perú con especies como el calamar gigante (*Dosidicus gigas*) y una reducción de la biomasa de la merluza chilena (*Merluccius gayi*) frente a la costa central de Chile. La reducción de la concentración de oxígeno en aguas someras incrementa el riesgo de mortandades para especies como *Argopecten purpuratus* en Perú y, en menor medida, en Chile.

La explotación intensiva de las poblaciones de peces y la alteración de su demografía, dinámica poblacional y características del ciclo biológico (Petitgas *et ál.,* 2006; Perry *et ál.,* 2010) pueden reducir la capacidad de las poblaciones de peces para amortiguar los cambios generados por la variabilidad climática (Ottersen *et ál.,* 2006; Genner *et ál.,* 2010) y aumentar la variabilidad del tamaño de las poblaciones. La sobrepesca y la contaminación costera aumentan la vulnerabilidad de los recursos pesqueros y, por lo tanto, acrecientan los riesgos especialmente para la pesca artesanal o de pequeña escala altamente especializada y localizada (Bertrand *et ál.,* 2018), lo que podría generar una severa disminución del potencial máximo de ingresos en Perú para el 2050 (Lam *et ál.,* 2016).

El incremento del nivel del mar en Chile afectará a la infraestructura de los centros de producción acuícola y, por lo tanto, obligará a cambiar su localización o la infraestructura, incluyendo las instalaciones y los sistemas de cultivo. Los cultivos suspendidos de *Argopecten purpuratus,* ubicados en bahías expuestas en la zona norte, podrían verse muy afectados por la intensidad de las marejadas. En Perú el incremento del nivel del mar y los eventos intensos de lluvia, generados por una mayor frecuencia e intensidad de los eventos EN, ponen en riesgo la producción de camarón marino y tilapia por sedimentación y pérdida tanto de la infraestructura en general como de áreas de manglar en la costa.

Las recientes floraciones de algas nocivas a lo largo de la costa del Pacífico de América del Sur, así como en los principales lagos, han exhibido una extensión e intensidad sin precedentes, lo que sugiere que el cambio climático y otros factores están aumentando el riesgo de estos eventos que impactan en la salud humana, los ecosistemas acuáticos y las actividades económicas como la acuicultura (León-Muñoz *et ál.,* 2018). El aumento de plagas o enfermedades debido al calentamiento también incrementa los riesgos de mortandades masivas y disminución de las tasas de crecimiento en el cultivo del salmón (SUBPESCA, 2015). El incremento de enfermedades y floraciones algales nocivas, con el aumento de la temperatura, también puede afectar a la producción acuícola del camarón en áreas de manglares en la zona norte de Perú. No se descarta el impacto de la acidificación e hipoxia en los cultivos de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), causando mortandades masivas en el largo plazo.

8.3.3. Provincia Magallánica

Los cambios en la distribución geográfica de las poblaciones australes de especies de valor comercial generan ciertos riesgos para la producción pesquera, aunque en algunas áreas oceánicas de altas latitudes de la zona sur de Chile y Argentina podrían experimentar un aumento en su productividad y del potencial de captura de algunas pesquerías, por ejemplo, de calamar (*Illex argentinus)* y de merluza austral (*Merluccius australis),* debido a la intensificación de los procesos de surgencia en el Pacífico y los frentes de marea en el Atlántico.

Los riesgos se intensifican en las poblaciones costeras con altos niveles de pobreza, inseguridad alimentaria y deficiente capacidad de adaptación.

8.3.4. Provincias Atlántico SW templado cálida

El incremento rápido de la TSM en esta región acompañado por la acidificación e intensificación de las precipitaciones genera grandes riesgos para el ecosistema marino y la economía, incluidos los riesgos de inundaciones, la destrucción de la infraestructura costera, la mortalidad masiva de especies marinas y la introducción de especies invasoras. El arrecife de coral de Brasil podría sufrir una disminución severa en la cobertura en los próximos 50 años (Francini-Filho *et ál.,* 2008), y la acidificación igualmente tendrá efectos desastrosos en los corales. Los manglares de Brasil, el segundo bioma de este tipo más grande en el mundo, serán impactados por el cambio climático, pero también por cambios de origen antropogénico, como cambios de uso del suelo, urbanización, sobrexplotación de los recursos naturales e infraestructura costera (Jennerjahn *et ál.,* 2017). Sin embargo, los manglares se están extendiendo al norte de Brasil como resultado de condiciones secas e intrusión de aguas salinas, por lo que en general no se espera un fuerte impacto del cambio climático.

El riesgo de una disminución de las capturas de algunos recursos como la sardina en esta región es previsible debido al impacto que genera el cambio climático sobre el reclutamiento, particularmente en las áreas de desove actuales (Soares *et ál.,* 2014). Por otro lado, el aumento de las descargas de los ríos, debido a un crecimiento de las precipitaciones en el sur de Brasil, puede significar una disminución en las capturas de camarón (Gasalla, *et ál.,* 2017).

La baja capacidad de adaptación de los mariscos al calentamiento de las aguas en algunas playas arenosas del Atlántico y del Pacífico de América del Sur (Defeo *et ál.,* 2013) aumenta el riesgo de mortalidades masivas con implicaciones socioeconómicas negativas (Defeo *et ál.,* 2018). Asimismo, los cambios en la distribución del salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) aumentan el riesgo de la invasión de esta especie en las aguas de la Patagonia por la conexión oceanográfica Pacífico-Atlántico, que pueden afectar a especies forrajeras clave y a los ecosistemas de la Patagonia atlántica (Becker, 2007). Por otro lado, la abundancia de las poblaciones y el potencial de capturas de peces en promedio aumentarán en las latitudes medias y altas de la región, posiblemente debido a cambios en la distribución de los recursos.

8.3.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida

En el Atlántico Noroeste, los arrecifes de coral ya han sufrido mortandades debido al blanqueo por la alta temperatura, y el riesgo de que se incremente la frecuencia de estos eventos es alta para mediados del siglo XXI (Van Hooidonk *et ál.,* 2015). Esta mortandad de arrecifes de coral trae consigo una pérdida de sus especies (Newman *et ál.,* 2015), y, en algunos casos, comunidades de arrecifes dominadas por algas (por ejemplo, Hughes *et ál.,* 2007) altera los servicios de ecosistemas significativamente.

Asimismo, al igual que en otras regiones, existe el riesgo de perder de manera sustancial los manglares en el golfo de México debido al incremento de los eventos extremos. Uno de los riesgos más serios en el Caribe y el golfo de México, es la reducción de la producción de especies comercialmente importantes, como peces, moluscos, langostas y cangrejos, a causa de la degradación de los hábitats, la eutrofización y la sobrepesca. Una reducción en el tamaño de las poblaciones asociadas a los arrecifes pone en riesgo la producción de la pesca de pequeña escala, en particular en las islas pequeñas del Caribe, con impactos socioeconómicos fuertes.

Existe el riesgo para el futuro de una disminución de la producción pesquera de especies pelágicas costeras, como anchovetas y sardinas, por reducciones localizadas y una mayor variabilidad interanual en la productividad en el Atlántico Oeste Central, lo que afecta significativamente a la pesca industrial en la Plataforma del Norte de Brasil (Bertrand *et ál.,* 2018). Existe un alto riesgo también de una reducción significativa de las poblaciones de camarones y peces de fondo en estas provincias marinas en el corto y mediano plazo, que afectará a la producción pesquera de flotas industriales y artesanales en la plataforma del norte de Brasil, los países continentales del Caribe y el golfo de México. Especies oceánicas como atunes grandes y pequeños, dorado, caballa a largo plazo cambiarán su distribución con el incremento de la temperatura que afectará a los volúmenes de captura en esta provincia, especialmente en el Caribe. Todo ello supone una seria amenaza para la seguridad alimentaria, los medios de vida, la gestión económica y pesquera, y las exportaciones en el sector pesquero del Atlántico Oeste Central. Los impactos en la seguridad alimentaria serán mayores en las comunidades pesqueras de bajos ingresos, en las que la pesca de subsistencia es todavía importante para el propio consumo y la obtención de ingresos, unas poblaciones que ya son vulnerables y padecen inseguridad alimentaria (Oxenford y Monnreau 2017).

Los fenómenos meteorológicos extremos en esta región, más intensos y frecuentes, tendrán impactos negativos en la disponibilidad, accesibilidad, estabilidad y utilización de los alimentos, especialmente en los países con alto nivel de pobreza, como resultado de la pérdida de activos (por ejemplo, barcos de pesca, motores y equipo) y la falta de cobertura de seguro. La seguridad alimentaria y la salud en la región también estarán en riesgo por el aumento de la intoxicación por ciguatera originada por dinoflagelados del género *Gambierdiscus toxicus* (en humanos puede conducir a trastornos gastrointestinales y neurológicos graves), lo que afectará al comercio de peces de arrecife y a la salud de las comunidades locales (Tester *et ál.,* 2010).

8.3.6. Provincias Lusitana y mar Mediterráneo

En las aguas ibéricas atlánticas los cambios en la composición de especies y por ende el incremento del área de distribución hacia el Atlántico NW (Bañon *et ál.,* 2002, 2017) asociado al calentamiento (Vinagre *et ál.,* 2011) muestran un fenómeno de *meridionalización* y *tropicalización* en este ecosistema, ya que más del 50 % de las especies demersales, con afinidades biogeográficas templadas y que son comunes en la zona, están aumentando su abundancia (Punzón *et ál.,* 2016). Los cambios en los ecosistemas pelágicos y demersales explotados alrededor de la Península Ibérica e Islas Baleares se están traduciendo en alteraciones importantes en las pesquerías y tendrán un efecto en las comunidades de pescadores y en los consumidores (Payne, 2013).

El riesgo de pérdida de productividad de los ecosistemas y, por lo tanto, de la pesca en la zona oriental del Atlántico Norte de España (mar Cantábrico) se debe a los cambios en la biomasa y composición del plancton donde la influencia del afloramiento es más reducida y el calentamiento se manifiesta con mayor claridad (Bode *et ál.,* 2012). Las principales pesquerías, como la de merluza en el norte de la Península Ibérica, se verán afectadas de forma determinante por los cambios oceanográficos, los procesos biológicos y los eventos extremos (Chust *et ál.,* 2011; Kersting, 2016). En las costas occidentales de Galicia, este riesgo será menor, pero será crítico determinar la influencia del afloramiento a escalas multidecadales.

España es uno de los países en el Atlántico Nordeste que presenta un alto riesgo en la producción de moluscos debido a la acidificación (Narita *et ál.,* 2017). Las costas de España y Portugal están dentro de las áreas que más han perdido potencial pesquero por efecto del cambio climático (Free *et ál.,* 2019), aunque por el nivel de gobernanza y desarrollo que presentan los hace menos vulnerables que otros países en desarrollo.

En la costa oeste del Mediterráneo el riesgo de una disminución de la productividad por efecto del calentamiento del mar tendrá un impacto negativo en el hábitat óptimo de los pequeños pelágicos y, por lo tanto, una disminución de sus capturas (Hidalgo *et ál.,* 2018). Desde mediados del siglo pasado se han reportado hasta 38 especies de peces en el Mediterráneo occidental, hasta ahora desconocidas en el área (Massutí *et ál.,* 2010), la mayoría de las cuales llegaron a través del estrecho de Gibraltar procedentes de las regiones tropicales y subtropicales del Atlántico. Posibles conflictos entre pesquerías de diferentes países por efecto de una redistribución de las especies deberán ser incorporados en los planes de manejo y adaptación de las mismas. La disminución de la captura de especies pelágicas en España generará riesgos en la desocupación y en los ingresos económicos. No se descarta un efecto del aumento del nivel del mar y la acidificación en el Mediterráneo (Gomis *et ál.,* 2008; Lacoue-Labarthe *et ál.,* 2016), que pueden contribuir a la desaparición y modificación de especies frágiles y longevas que proporcionan importantes servicios ecosistémicos (Jordà *et ál.,* 2012).

En España, los riesgos para el cultivo de mejillón están relacionados con la disminución de la disponibilidad del fitoplancton existente en el agua marina relacionado con el incremento de la temperatura. Las floraciones de algas tóxicas, cada vez más frecuentes en el litoral gallego, podrían significar el cierre de la pesquería del cultivo del mejillón y demás moluscos filtradores cultivados en los parques intermareales, como las vieiras (García y Perlado, 2014). El nivel de impacto socioeconómico en la acuicultura no será homogéneo en el sector, dependiendo del tipo de especie, de la fase y tecnología de cultivo y la localización de la planta y de la infraestructura acuícola.

La **Figura 8.7** presenta el grado de importancia y urgencia de los principales riesgos identificados en pesca y acuicultura.

8.4. Medidas de adaptación

8.4.1. Opciones de adaptación

En las **Tablas 8.2** y **8.3** se presentan las principales opciones de adaptación al cambio climático para la pesca y acuicultura (Daw *et ál.,* 2009; Dabbadie *et ál.,* 2018).

8.4.1.1. Provincias Pacífico NE templado cálida y Pacífico NE tropical

Lluch-Cota (2018) y FAO (2018) proponen para esta región:

- Desarrollo sostenible de nuevas pesquerías basadas en recursos subexplotados.
- Aplicación completa del código de conducta de la FAO para la pesca responsable y las directrices voluntarias para asegurar la pesca sostenible en pequeña escala.
- Establecimiento de sistemas de información destinados a proporcionar alertas tempranas de volatilidad en los precios del mercado.
- Desarrollo de la acuicultura para contribuir a la economía y la seguridad alimentaria.
- Selección de especies de cultivo, que pueden enfrentar condiciones fisiológicas en el clima futuro y el uso adecuado de organismos genéticamente mejorados y robustos.
- Desarrollo de piensos que no están basados en especies de forraje o el uso de especies de niveles tróficos bajos.

8.4.1.2. Provincia Pacífico SE templado cálida

Entre las opciones de adaptación más resaltantes propuestas para la pesca en el Sistema de la Corriente de Humboldt por varios autores (Avadí *et ál.,* 2014; Béné *et ál.,* 2015 y Bertrand *et ál.,* 2018), se pueden mencionar:

Recuadro 8.2. Impacto de la acidificación sobre cultivo de bivalvos

En la actualidad, las aguas más ácidas traídas desde las profundidades de los océanos a la superficie por el viento y las corrientes en la costa noroeste de los Estados Unidos están teniendo efecto en las ostras que crecen en la acuicultura. El alto riesgo de la acidificación del mar causará la mortandad de corales y de especies calcificadoras, especialmente en el golfo de México y el Caribe, afectando a las pesquerías asociadas. Asimismo, se espera un efecto en la producción de moluscos en España, Perú y Chile. La acidificación del océano afecta no solo a las especies que producen exoesqueletos calcificados. Afecta a muchos más organismos directa o indirectamente y tiene el potencial de alterar las redes alimentarias y las pesquerías. La mayoría de los organismos que se han investigado muestran una mayor sensibilidad a temperaturas extremas, de modo que, a medida que cambian las temperaturas del océano, las especies que se ven obligadas a existir en los límites de sus rangos térmicos experimentarán efectos más fuertes de la acidificación.

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Desplazamiento de los *stocks*. Los cambios de temperatura del mar cambiarán la distribución de los *stocks*, afectando negativamente a algunas pesquerías y favoreciendo otras				
Disminución de las capturas y de la seguridad alimentaria. Los cambios en productividad del mar se traducirán en una disminución de la producción pesquera que afectará al acceso al consumo de pescado, especialmente a aquellas comunidades que dependen de ella, y, por lo tanto, a la seguridad alimentaria				
Aumento de eventos de mortandad de especies y ocurrencia de floraciones algales nocivas. Este riesgo está relacionado con los eventos de hipoxia («zonas muertas») y la proliferación de microalgas tóxicas, que se incrementan con el aumento de la temperatura				
Pérdida de hábitats y áreas de cultivos acuícolas a causa del incremento del nivel del mar en áreas de manglares, lagunas costeras, estuarios y rías, e inundaciones por efecto del crecimiento de las precipitaciones y desborde de los ríos				
Mortandad de corales y especies calcificadoras a causa de la acidificación del mar, que no solo afectará a la pesca por la pérdida de hábitats esenciales, sino también a la acuicultura de moluscos bivalvos y crustáceos				
Aumento de la inseguridad en las actividades pesqueras. Los fuertes vientos y tormentas que se presentarán en el mar incrementarán los accidentes en las faenas de mar, especialmente en las embarcaciones de pequeño porte de la pesca artesanal y de pequeña escala				

Factor climático determinante:

- Aumento de la temperatura
- Aumento de la precipitación
- Disminución de la precipitación
- Temperaturas extremas
- Tormentas intensas y huracanes
- Inundación
- Sequía
- Subida del nivel del mar
- Acidificación del océano
- Cambios en la estacionalidad
- Fertilización por CO_2

Importancia. Se asignó uno de los siguientes niveles: poco importante, importante y muy importante en términos de la significación de sus impactos en los sistemas naturales o humanos, incluyendo el número de personas afectadas.

Urgencia. Se asignó uno de los tres niveles: inminente (que puede estar ocurriendo u ocurrir en cualquier momento), a medio plazo (que se espera que ocurra de aquí a mediados de siglo o cuando se exceda 1,5 °C), a largo plazo (que se espera ocurra después de mediados de siglo o cuando se exceda de 2 °C de calentamiento).

Extensión:



Figura 8.7. Principales riesgos identificados en el ámbito de los recursos pesqueros. Fuente: elaboración propia.

- Incorporación del riesgo de los cambios de régimen en los planes de gestión y los objetivos políticos a largo plazo.
- Redirigir el esfuerzo de pesca a otras especies pelágicas para reducir la presión sobre las especies ya amenazadas por sobrepesca.

Tabla 8.2. Riesgos asociados al sector pesca y medidas específicas de adaptación a los impactos del clima. Fuente: modificado a partir de Daw *et ál.* (2009).

Riesgos asociados a la pesca	Medidas de adaptación específicas
Reducción de la productividad y rendimiento de la pesquería (efecto ecológico indirecto)	Acceso a mercados de valor más alto
	Restauración de ecosistemas acuáticos y protección de hábitats críticos
Aumento de la variabilidad de los rendimientos (efecto ecológico indirecto)	Diversificación de la cartera de medios de vida
	Planes de seguro
	Ordenación precautoria de ecosistemas resilientes
	Ejecución de medidas de ordenación integradas y adaptativas
Cambio en la distribución de las pesquerías (efecto ecológico indirecto)	Investigación y desarrollo privados, e inversión en tecnologías para predecir rutas de migración y disponibilidad de las poblaciones comerciales
	Migración
Rentabilidad reducida (efectos ecológico y socioeconómico indirectos)	Reducción de los costos para aumentar la eficiencia
	Diversificación de los medios de vida
	Abandono de la pesquería a favor de otros medios de vida/otras inversiones
Aumento de la vulnerabilidad de las comunidades e infraestructuras costeras, ribereñas y de llanos a las inundaciones, a la subida del nivel del mar y a las marejadas ciclónicas (efecto directo)	Estructuras de protección rígidas
	Retirada/acomodación gestionadas
	Rehabilitación y respuesta ante los desastres
	Ordenación integrada de costas
	Provisión de infraestructuras (p. ej., protección de puertos y desembarcaderos)
	Sistemas de alerta temprana y educación
	Recuperación tras los desastres
	Migración asistida
Aumento de los riesgos asociados con la pesca (efecto directo)	Seguro privado de los equipos de capital
	Ajustes en los mercados de seguros
	Suscripción de pólizas de seguro
	Sistema de alerta meteorológica
	Inversiones en la mejora de la estabilidad y seguridad de las embarcaciones
	Compensación los impactos sufridos
Perturbación de los intercambios comerciales y el mercado (efecto socioeconómico indirecto)	Diversificación de los mercados y productos
	Servicios de información para anticipar las perturbaciones en los precios y mercados
Desplazamientos de población y afluencia consiguiente de nuevos pescadores (efecto socioeconómico indirecto)	Apoyo de las instituciones de ordenación local existentes
Varios	Investigación y desarrollo puestos a disposición por el sector público

- Fortalecer los estudios biológicos y ecológicos, la mejora del monitoreo espacial y la institucionalización de los sistemas de gobernanza participativa en las pesquerías de pequeña escala.
- Mantener una reserva de biomasa mínima de peces de forraje y aumentar el rango de áreas protegidas y así acrecentar la capacidad de recuperación de los principales depredadores.
- Incrementar la proporción de peces de forraje para el consumo humano directo.
- Mejora de la infraestructura (cadena de frío, condiciones sanitarias) en la cadena de valor de la pesca de pequeña escala.
- Promover el consumo de las especies de peces más baratas, como la anchoveta y las sardinas, que beneficien a las poblaciones andinas.
- Incrementar el control y reducción de la capacidad de la pesca de pequeña escala para salvaguardar la sostenibilidad a largo plazo de este sector.

Tabla 8.3. Riesgos asociados a la acuicultura y medidas de adaptación específicas a los impactos del clima. Fuente: modificado a partir de Dabbadie *et ál.* (2018).

Riesgos asociados a la acuicultura	Medidas de adaptación específica
Incremento de la temperatura	Especies de cultivo con mayor tolerancia térmica
	Mover las instalaciones de cultivo a áreas mar adentro o más frías/profundas
	Adoptar directrices sobre trabajo digno en acuicultura
	Mejora selectiva para la tolerancia térmica
	Ajuste en el calendario/prácticas de cultivo
	Cambio de especies cultivadas
	Instalaciones climáticamente inteligentes (por ejemplo, estanques más profundos, etc.)
	Cierre y reubicación de sitios de producción
	Ubicación basada en riesgos
	Planificación espacial para determinar nuevas áreas favorables y desfavorables
Acidificación	Cambio en especies cultivadas, especialmente de organismos y corales con concha
	Mover las instalaciones de cultivo a nuevas áreas mar adentro o tierra adentro
	Seguir las directrices sobre trabajo decente en acuicultura
	Cierre y reubicación de sitios de producción
	Planificación espacial de corriente principal
Hipoxia	Cambio a especies cultivadas más tolerantes
	Seguir las directrices sobre trabajo decente en acuicultura
	Reubicar las instalaciones de cultivo a nuevas áreas mar adentro o tierra adentro
	Mover las instalaciones de cultivo a nuevas áreas mar adentro o tierra adentro
	Planificación espacial general y enfoque ecosistémico
Cambios en distribución	Mover las instalaciones de cultivo a nuevas áreas
	Seguir las directrices sobre trabajo decente en acuicultura
	Pasar a la formulación de alimentos comerciales para especies carnívoras que actualmente utilizan peces de bajo valor directamente como alimento
	Existencias cultivadas ajustadas a la nueva capacidad productiva
	Ordenación del territorio
Aumento del nivel del mar	Cambio hacia especies o variedades de agua dulce tolerantes a la salinidad naturales o seleccionadas
	Cambio hacia especies eurihalinas (p. ej., estuarinas) o marinas
	Enfoque ecosistémico general de la acuicultura

- Implementar el uso de dispositivos de comunicación satelital y la extensión del sistema de monitoreo de embarcaciones de la flota a pequeña escala.

Por otro lado, Chile, en su Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura (SUBPESCA, 2015), plantea 29 acciones de adaptación que van desde la implementación de planes de manejo, certificación de pesquerías, red de monitoreo y análisis de biodiversidad hasta el control y/o erradicación de especies exóticas invasoras, estudios de vulnerabilidad, predicción climática para la pesca y acuicultura, capacitación e información, áreas protegidas, normatividad, adaptación de infraestructura portuaria, sistema de seguros, y valor agregado de los recursos de la pesca artesanal, entre otras.

8.4.1.3. Provincia Magallánica

Se espera que las respuestas adaptativas al cambio climático en las pesquerías de la región incluyan:

- Implementación de enfoques de gestión y políticas que maximicen la resiliencia de los ecosistemas bajo explotación.

- Adopción de enfoques de gestión y políticas que fortalezcan la base de medios de subsistencia.
- Una mejor comprensión de los mecanismos de respuesta existentes a la variabilidad climática.
- Reconocer y responder a las nuevas oportunidades generadas por el cambio climático.
- Monitoreo de indicadores biofísicos, sociales y económicos vinculados a las respuestas de gestión y políticas.
- Adopción de estrategias de adaptación multisectoriales.
- Mayor flexibilidad en el trabajo de los pescadores y operarios.
- Cambio de las especies objetivo y las operaciones de pesca.
- Protección de los grupos funcionales clave y el establecimiento de sistemas de seguros.

8.4.1.4. Provincia Atlántico SW templado cálida

Las opciones de adaptación en el Atlántico Oeste Sur incluyen estas medidas:

- Mejora de la recopilación de información pesquera a nivel local y nacional para la alerta temprana y pronósticos de los cambios en el ecosistema.
- Uso de artes de pesca menos destructivos y la reducción del esfuerzo y otros factores de estrés, como por ejemplo, la contaminación.
- Protección de áreas de crianza, en particular, de los manglares y los estuarios.
- Mayor financiamiento para la investigación, la mejora de los sistemas de gobernanza y el desarrollo de capacidades para impulsar el trabajo entre científicos, administradores y comunidades pesqueras.
- Estudios de vulnerabilidad de las comunidades pesqueras para una mejor asignación de los esfuerzos de apoyo y el desarrollo de capacidades.
- Facilitar el acceso al crédito para los pescadores en pequeña escala para diversificar sus medios de vida (Emdad Haque *et ál.,* 2015).

8.4.1.5. Provincias Atlántico SW tropical, plataforma del N de Brasil, Atlántico NW tropical y Atlántico NW templado cálida

Oxenford y Monnereau (2018) resumen un número selecto de medidas de adaptación que ya se están llevando a cabo o se están desarrollando en esas zonas:

- Desarrollo de aplicaciones móviles innovadoras para mejorar la alerta temprana y la seguridad de los pescadores de pequeña escala.
- Mejora de la capacidad de adaptación y la resistencia del sector pesquero al cambio climático aumentando la seguridad, ingresos y ahorros, y el acceso a los seguros de activos y la seguridad social.
- Mayor inversión en infraestructura y seguridad de los puertos para proteger los activos pesqueros y evitar la interrupción de la cadena del mercado pesquero.
- Mitigar los factores estresantes inducidos por el hombre a nivel local que degradan hábitats pesqueros críticos y rehabilitar los ecosistemas costeros dañados para mejorar su resiliencia.
- Incorporación del cambio climático en las políticas de pesca y desarrollo costero, planes y legislación.

8.4.1.6. Provincias Lusitana y mar Mediterráneo

Kersting (2016) analiza y resume las siguientes medidas de adaptación más importantes para la zona marina de España:

- Protección y conservación de especies y hábitats vulnerables.
- Cuidado de zonas específicas a través de áreas marinas protegidas.
- Gestión de la actividad pesquera basada en criterios de sostenibilidad y con un enfoque ecosistémico.
- Actuaciones directas dirigidas a la regeneración de hábitats y poblaciones.
- Fomento y respaldo del monitoreo científico, asegurando la continuidad de las series temporales existentes y el estudio de los efectos del cambio climático para realizar una mejor gestión adaptativa.
- Uso de herramientas, como las evaluaciones de vulnerabilidad y el análisis de riesgos, que ayuden al desarrollo de medidas de adaptación.
- Acciones de divulgación y de sensibilización para hacer llegar a la sociedad la creciente y robusta evidencia de cambio climático y sus efectos sobre el medio marino.
- Implementar planes de gestión eficaces para corregir la situación de sobrepesca.
- En relación con la acuicultura, las acciones de adaptación incluyen la implementación de sistemas de oxigenación para mitigar la acción de floraciones de algas o bajas de oxígeno, la producción de peces mejorados genéticamente y más resistentes a determinados patógenos o el uso de sensores para el monitoreo continuo del ambiente.

8.4.2. Actividades de adaptación planificada

8.4.2.1. Escala supranacional

Las Directrices Voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza, elaboradas por la FAO (2015), han sido asumidas por muchos países de América Latina y el Caribe que reconocen el impacto del cambio climático en la pesca de pequeña escala y se comprometen a elaborar políticas y planes con el fin de hacerle frente, prestar asistencia a las comunidades afectadas, apoyar la eficiencia energética en el sector y disponer fondos de adaptación.

En 2016 y 2017, la FAO, con el apoyo del Fondo para los Países Menos Adelantados, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y el Fondo Especial para el Cambio Climático, inició la ejecución de seis proyectos nacionales y regionales de adaptación al cambio climático, con el objetivo general de aumentar la capacidad de adaptación de los sectores de la pesca y la acuicultura y mejorar su resiliencia (FAO, 2018). Chile fue el único país de la RIOCC que participó en esta iniciativa y actualmente se encuentra en plena ejecución el Proyecto Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación en el Sector Pesquero y Acuícola Chileno al Cambio Climático (2018-2020), implementado por la FAO y la Subsecretaría de Pesca de Chile con financiamiento del Global Environmental Fund (GEF) (FAO, 2017). En 2017, en el marco de este proyecto, se desarrolló en la Sede Puerto Montt de la Universidad Austral de Chile (UACh) el primero de los talleres de la zona sur, denominado Evaluación de la Vulnerabilidad de la Pesca y la Acuicultura al Cambio Climático con el objetivo de generar redes, compartir información y metodologías de evaluación de vulnerabilidad para los sistemas pesquero-acuícolas en general, y de las caletas piloto dentro del proyecto en particular.

Perú también ha formulado iniciativas de adaptación a nivel supranacional, como el Proyecto Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero del Perú, que suscribieron Perú y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en 2014 con el objetivo reducir la vulnerabilidad de las comunidades costeras y los recursos pesqueros frente a los impactos del cambio climático (PRODUCE, 2016b). El proyecto fue sucedido por otro (Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías), financiado por el Fondo de Adaptación al Cambio Climático (2018-2021).

La **Tabla 8.4** muestra algunos proyectos de adaptación desarrollados con financiamiento supranacional. Las acciones de adaptación en América Latina y el Caribe han sido promovidas y financiadas en la región, entre otras, por instituciones como el BID, el Banco Mundial (WB) y el Fondo de Adaptación establecido bajo el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

8.4.2.2. Escala nacional y subnacional

Planes de adaptación en pesca y acuicultura. En los países de la RIOCC y principalmente en los países de América Latina y el Caribe las actividades de adaptación planificada para la pesca y acuicultura son escasos. Según Sánchez y Reyes (2015), los sectores prioritarios para acciones de adaptación en los países de América Latina y el Caribe son aquellos referidos al sector hídrico, la infraestructura, los asentamientos humanos, agricultura, biodiversidad, salud y energía. La **Figura 8.8** presenta las acciones de adaptación planificada en el sector pesquero identificadas en los países de la RIOCC.

Chile es el único país que cuenta con un plan de adaptación focalizado a la pesca y acuicultura: el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático para la Pesca y la Acuicultura (SUBPESCA, 2015). Nicaragua tiene un Plan de Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático en el Sector Agropecuario, Forestal y Pesca en Nicaragua (MAGFOR, 2013), y Uruguay posee su Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático para el Sector Agropecuario (PNA-Agro, 2019); ambos abordan el tema de la pesca como parte del sector agropecuario. España tiene un documento para la adaptación del sector acuícola marino español al cambio climático elaborado por un proyecto, pero no es un documento de gobierno (AQUADAPT 2018). El resto de los países están trabajando en ello, como es el caso de Perú, dada la importancia de este sector en la economía nacional y su aporte a la seguridad alimentaria, y Argentina, con la publicación de su Plan de Acción Nacional de Agro y Cambio Climático (PANAyCC, 2019).

El Plan de Adaptación al cambio Climático para Pesca y Acuicultura de Chile (SUBPESCA, 2015) plantea algunas directrices de guía para los planes de adaptación:

- Orientar la política pública a reducir la vulnerabilidad y a proveer información necesaria para la planificación e implementación de las acciones.
- Considerar la adaptación como un proceso progresivo y de aprendizaje de experiencias pasadas.
- Implementar medidas de adaptación de largo plazo.
- Contribuir a la sustentabilidad de las pesquerías y la acuicultura.
- Considerar en el diseño e implementación de medidas:
  - Escalas temporales y espaciales.
  - Principios precautorios y un enfoque ecosistémico.
  - Programas y estrategias para recopilar y compartir los datos e información sobre los impactos del cambio climático.
  - Seguimiento y evaluación periódica de las medidas de adaptación.

Tabla 8.4. Proyectos de adaptación desarrollados o en ejecución en los países de la RIOCC con financiamiento supranacional. GEF = Global Environmental Fund; PNUMA = Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; CEPAL = Comisión Económica para América Latina y el Caribe; CCAD = Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo; CIECA = Secretaría de Integración Económica Centroamericana; INVEMAR = Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis; CORALINA = Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina; IDEAM = Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; UNALM = Universidad Nacional Agraria La Molina; PRODUCE = Ministerio de la Producción; SUBPESCA = Subsecretaría de Pesca; OSPESCA = Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano; OLDEPESCA = Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero; MADS = Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; TNC = The Nature Conservancy; BMUB = Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear; CYTED = Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Fuente: elaboración propia.

Proyecto	País/región	Año	Institución ejecutora	Fuente financiamiento
Adaptación en humedales costeros del golfo de México ante los impactos del cambio climático	México	2011-2016	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	GEF
Adaptación de las comunidades costeras vulnerables ante las amenazas inminentes del cambio climático en el área de Paquera, Puntarenas	Costa Rica	2016-2018	Fundación MarViva	Adaptation Fund
Manejo Costero Integrado con Especial Énfasis en el Manejo Sostenible de los Bosques de Manglar	Guatemala, Honduras y Nicaragua	2011-2014	Ministerio de Ambiente y Pesquerías, PNUMA	PNUMA
La economía del cambio climático en América Central	Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá	2008-2010	CEPAL, CCAD, SIECA	BID, Reino Unido, Unión Europea
Aumento de resiliencia para manejar los efectos del cambio climático en el golfo de Montijo	Panamá	2016-2019	Fundación MarViva	BID
Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de áreas marino-costeras	Mayoría de los países RIOCC	2009-2011	CEPAL	España
Diseño e implementación de un programa de adaptación en las áreas insulares del Caribe colombiano	Colombia	2010	INVEMAR/CORALINA	Conservación Internacional
Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia		2014	IDEAM	BID/CEPAL
La economía del cambio climático en el Perú	Perú	2012-2014	Soluciones Prácticas/UNALM	BID
Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero del Perú		2014-2017	PRODUCE	BID
Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino-costero del Perú y sus pesquerías		2018-2022	PRODUCE	Adaptation Fund
Fortalecimiento de la Capacidad de Adaptación en el Sector Pesquero y Acuícola Chileno al Cambio Climático	Chile	2018-2020	FAO/SUBPESCA	GEF
Manejo e Interpretación de la Herramienta Clima Pesca y Procesos de Adaptación al Cambio Climático (REFLOW)	Honduras	2015-2018	OSPESCA	Reino Unido
CERES - Climate change and European Aquatic RESources	España	2016-2020	Universidad de Hamburgo	Unión Europea
AbE en la cuenca del río Magdalena: recuperación y restauración de humedales para mejorar, 2015-2019	Colombia	2015-2016	MADS/TNC/Fundación Alma/IDEAM	BMUB, Alemania
Estrategias de adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas en Colombia y Ecuador	Colombia/Ecuador	2014-2018	MADS	BMUB, Alemania
ECOMAR. Evaluación y monitoreo de servicios ecosistémicos marino-costeros en Iberoamérica	Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, España, México, Portugal, Perú, Venezuela	2018-2020	Universidad de Santiago de Compostela	CYTED, España

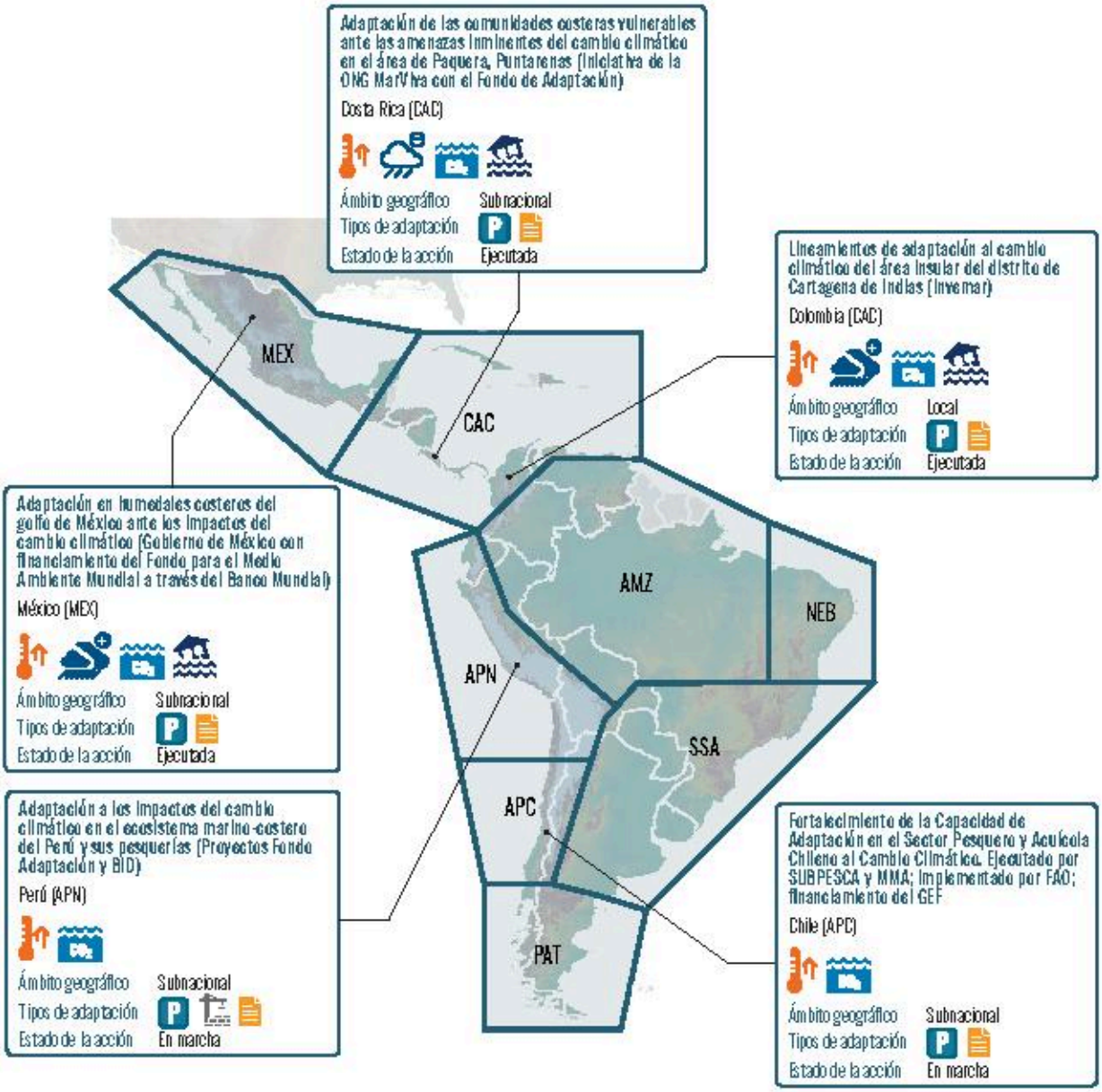




Figura 8.8. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito de los recursos pesqueros. Fuente: elaboración propia.

El Plan de Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático en el Sector Agropecuario, Forestal y Pesca de Nicaragua está orientado al sector acuícola y propone las siguientes acciones de adaptación:

- Capacitación sobre buenas prácticas acuícolas y manejo de los recursos acuícolas.
- Dar continuidad a la conformación de cooperativas acuícolas.
- Implementación de proyectos de cultivo de tilapia.
- Promover el cultivo de peces en policultivos y sistemas agroacuícolas.
- Inclusión del sector acuícola al Bono Productivo Nacional en las comunidades rurales.

El Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático para el Sector Agropecuario de Uruguay destaca las siguientes acciones de adaptación:

- Desarrollo de un sistema de alerta y monitoreo de meteorología marina y costera.
- Fortalecimiento del control de la captura pesquera incidental y de la pesca ilegal.
- Fortalecimiento del funcionamiento de los Consejos Locales de Pesca.
- Investigación, desarrollo e implementación de modelos de evaluación que incorporen variables ambientales para fortalecer las capacidades para la gestión del recurso pesquero.

El Documento Plan de Adaptación del sector de la acuicultura marina española (AQUADAPT, 2018) plantea cuatro ejes:

- Incremento del conocimiento científico y del sector empresarial sobre el impacto del cambio climático.
- Refuerzo del marco normativo y administrativo.
- Disponibilidad y acceso a fuentes de financiación dirigidas a la adaptación del sector acuícola.
- Fomentar la transferencia de conocimiento a lo largo de la cadena de valor.

Acciones de adaptación. La **Tabla 8.5** presenta algunos ejemplos de iniciativas relacionadas con la organización de cursos o talleres para fortalecer las capacidades sobre adaptación, analizar la vulnerabilidad e identificar medidas de adaptación para el efecto del cambio climático en pesca y acuicultura.

En la Península Ibérica, a diferencia de los países de América Latina y El Caribe, se están implementando medidas de adaptación que incluyen actuaciones anticipatorias y reactivas, así como iniciativas privadas y públicas, y se agrupan aquí en tres categorías amplias. Se están implementando planes de gestión, por ejemplo, para la flota española alrededor de la Península Ibérica y las Islas Baleares para corregir la situación de sobrepesca generalizada por lo que respecta al Mediterráneo (Colloca, 2013; FAO, 2018). Existen diversas iniciativas regionales que plantean combinar la adopción de medidas para mejorar el estado actual de las pesquerías y los ecosistemas marinos en el Atlántico Nororiental y Mediterráneo. Entre ellas podemos destacar: la protección y conservación de especies y hábitats vulnerables; la protección de zonas específicas a través de áreas marinas protegidas; una gestión de la actividad pesquera basada en criterios de sostenibilidad; las actuaciones directas dirigidas a la regeneración de hábitats y poblaciones; el fomento y respaldo del seguimiento científico, asegurando la continuidad de las series temporales existentes e impulsando el estudio y seguimiento de los efectos del cambio climático en el medio marino para realizar una mejor gestión adaptativa; el uso de herramientas, como las evaluaciones de vulnerabilidad y el análisis de riesgos, que ayuden al desarrollo de medidas de adaptación, y las acciones de divulgación y de sensibilización, muy necesarias para hacer llegar a la sociedad la creciente y robusta evidencia de cambio climático y sus efectos sobre el medio marino (Kersting, 2016).

Áreas marinas protegidas. La adaptación requiere de esfuerzos de ordenación pesquera para incrementar la salud de los recursos pesqueros que acrecienten la resiliencia frente al efecto del cambio climático, y en este contexto se incluyen las áreas marinas protegidas (AMP). Los esfuerzos realizados por los países de la RIOCC para cumplir la meta de proteger el 10 % de sus aguas jurisdiccionales, acordada en la décima reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio de Diversidad Biológica en Nagoya (COP10 del CDB), son importantes (ver **Capítulo 4** sobre ecosistemas marino-costeros de este mismo informe). Sin embargo, todavía queda mucho por hacer para alcanzar esta meta y para que las AMP en la región sean gestionadas de manera eficiente y sostenible. Las iniciativas de creación de las AMP basadas en la pesca en algunos países de la RIOCC son escasas, aunque se pueden citar la creación de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) en Chile y la de la Zona Reservada del Pacífico tropical en Perú con un área de 116.140 hectáreas, aprobada por el Congreso de la República, y cuya creación está en proceso, ambos casos orientados a proteger los recursos de la pesca de pequeña escala. Asimismo, Chile ha declarado cinco nuevas AMP (en febrero de 2018 y por decretos presidenciales), que lo lleva a alcanzar el 42 % de su superficie marina bajo algún grado de protección (UNIVISION, 2018). Para el caso de Argentina, destaca el AMP Namuncurá, en el sector conocido como Banco Burdwood, sobre los 54° de latitud Sur, de 3,4 millones de hectáreas, y más recientemente (en diciembre de 2018), la creación del AMP Namuncurá-Banco Burdwood II, de 2,4 millones de hectáreas, y del AMP Yaganes, de 6 millones de hectáreas (al sur de la isla de los Estados y Tierra del Fuego) (JGM Argentina, 2017). Estas tres nuevas APM se incluyen en el Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas y elevan la cobertura al 9 %, lo que coloca al país, signatario del Convenio sobre la Diversidad Biológica, más cerca de la meta de proteger el 10 % de sus océanos para el año 2020. Ecuador y República Dominicana también presentan un alto porcentaje de AMP (ver **Capítulo 4** sobre ecosistemas

Tabla 8.5. Talleres o cursos relacionados con la adaptación al cambio climático en pesca y acuicultura. Fuente: elaboración propia.

Taller/curso	País	Institución organizadora
Taller Regional de Intercambio de Experiencias y Fortalecimiento de Capacidades para la Elaboración de Planes Nacionales de Adaptación (PNACC), Bogotá, Colombia (2016)	Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela	PNUD/REGATTA/NAP-GSP
Taller Regional de expertos titulado Cambio Climático, Pesca y Acuicultura en América Latina: Potenciales Impactos y Desafíos para la Adaptación (2011); Adaptación al Cambio Climático en Pesca y Acuicultura (2014); Evaluación de la Vulnerabilidad de la Pesca y la Acuicultura al Cambio Climático (2017)	Chile	Ministerio de Medio Ambiente
Taller sobre Manejo e Interpretación de la Herramienta Clima Pesca y Procesos de Adaptación al Cambio Climático (2018)	Honduras	OSPESCA/CODEPESCA
Taller para la elaboración de indicadores de la Agenda de Cambio Climático y Producción Agroalimentaria (2017)	México	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)/GIZ
Curso para facilitadores en el diseño de medidas locales de adaptación del sector pesquero acuícola y clima pesca en Panamá (2017)	Panamá	Autoridad de los Recursos Acuáticos (ARAP)
Taller Efectos de El Niño y acciones nacionales tomadas para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional e incrementar la resiliencia en América Latina y el Caribe, Panamá (2015)	Países de América Latina y el Caribe	FAO
I Foro Internacional sobre Cambio Climático: Su Desarrollo y Efectos Económicos (2009)	Perú	Ministerio del Ambiente
Cambio Climático, Acciones de Adaptación en Pesca y Acuicultura en 4 Regiones del Perú (2016); El Perú se adapta al cambio climático: Plan Nacional de Adaptación (2016); Taller internacional sobre escenarios de cambio climático para el afloramiento costero y la anchoveta peruana (2017)		Ministerio de la Producción
Talleres de adaptación al cambio climático en escuelas agrarias de Uruguay (OPYPA, 2017)	Uruguay	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
Taller para la elaboración del informe sobre los efectos del cambio climático en el Mar Argentino y sus recursos pesqueros (INIDEP, 2019)	Argentina	Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP)

marino-costeros de este mismo informe) establecidas como herramientas de planificación para compensar los efectos de la sobreexplotación y asegurar la productividad biológica y los usos humanos. La Reserva Marina de Interés Pesquero de Os Miñarzos (Galicia, España) es un buen ejemplo del papel de las AMP en la protección de la integridad ecológica y la utilización sostenible de los ecosistemas naturales (Burgos y Fernández, 2014).

8.4.2.3. Escala local o municipal

A escala local en la región, las acciones de adaptación planificadas frente al cambio climático en el sector pesca y acuicultura son casi inexistentes debido principalmente al insuficiente conocimiento sobre el efecto del cambio climático, poca capacidad de gestión y bajos presupuestos para las actuaciones de adaptación. Sin embargo, a manera de ejemplo podemos citar una iniciativa en Perú en el marco de proyectos de diversificación productiva en el sector pesca y acuicultura para las comunidades pesqueras de la Región Piura (DIREPRO, 2015). Este proyecto, llamado Fortalecimiento de capacidades para mejorar las condiciones operativas productivas en la actividad pesquera-acuícola artesanal en las provincias de Talara, Paita y Sechura (Región Piura), promueve el desarrollo de otras actividades productivas para las comunidades pesqueras artesanales frente al deterioro de los recursos pesqueros vinculados probablemente a la sobrepesca y al cambio climático. Este plan fue íntegramente financiado con recursos del Estado a través de un proyecto de inversión pública. Uno de los módulos considerados en él fue el desarrollo del cultivo de la concha perlera (*Pteria sterna*), especie caracterizada por su tolerancia a altas temperaturas y baja salinidad, y, por lo tanto, podría ser considerado como una acción de adaptación frente al incremento de temperatura y reducción de la salinidad causados por el cambio climático.

Existen otras iniciativas de adaptación que no están dirigidas de manera directa a mejorar la resiliencia de la pesca y acuicultura, pero que igualmente contribuyen a ello, como las que menciona Shelton (2014) para dos países: en México las referidas a la restauración y rehabilitación costera y a una estrategia de gestión de conservación de humedales, y para el caso de Perú, un proyecto centrado en el riesgo de la comunidad costera y un plan de seguro alternativo como parte de una estrategia para apoyar la adaptación (GlobalAgRisk, 2013).

8.4.3. Actividades de adaptación autónoma

La pesca en las costas de Latinoamérica ha sido una de las actividades primigenias efectuadas por el hombre para su subsistencia alimentaria, economía y cohesión social, desarrollada desde hace 5.000 años en un contexto de variabilidad climática expresada por los eventos El Niño (Shady y Cáceda, 2008). En este contexto, los ecosistemas y los sistemas humanos se han adaptado sin intervención externa y en respuesta a un entorno cambiante. Es probable que existan muchas iniciativas de adaptación autónoma en esta región, tanto en la pesca de pequeña escala como de escala industrial, que no se encuentran documentadas o no son consideradas como tal. En décadas recientes algunas comunidades pesqueras de la costa peruana han optado por establecer medidas de manejo de manera autónoma, como cuotas, épocas de captura o tallas mínimas, con la finalidad de mantener la productividad de sus poblaciones.

Un ejemplo de adaptación autónoma a la variabilidad climática es reportado por Badjeck *et ál.* (2010) y Mendo *et ál.* (2008, 2016) en la pesquería de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) de Perú (**caso de estudio 8.7.1**), que registra fuertes fluctuaciones causadas por el ENOS. Los pescadores reaccionan a estas fluctuaciones adaptándose de modo informal, con rapidez y flexibilidad, y migrando entre los lugares que experimentan fluctuaciones opuestas en cuanto a rendimientos, resultantes del fenómeno de El Niño, a diferencia del sector público, que, aunque toma en cuenta medidas de manejo a escalas mayores, ha mostrado lentitud y escasa capacidad para aprender de experiencias pasadas. Otro ejemplo es la comunidad pesquera de la Caleta El Ñuro, en Perú (**caso de estudio 8.7.5**), que frente a la escasez de los recursos pesqueros de valor ha optado por incursionar en el turismo gracias a su fuerte organización.

8.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Las pesquerías en muchos países de la RIOCC están sometidas, además de a los efectos del cambio climático y de la variabilidad climática, a factores de estrés relacionados con la globalización de las pesquerías; y, en el caso de los países en desarrollo, a la carencia de infraestructuras públicas, el alto índice de enfermedades, la contaminación, la pobreza, una débil gobernanza y sobrepesca, que restringen la capacidad de adaptación. Ello limita la adopción de medidas de adaptación e incluso hay quienes sostienen que las estrategias de adaptación al clima deben enfatizar la necesidad de erradicación de la pobreza e inseguridad alimentaria en las comunidades pesqueras y acuícolas (Kalikoski *et ál.,* 2018). Aspectos relacionados con la cultura o la marginación pueden limitar la adopción de medidas de adaptación en los grupos más vulnerables del sector pesca y acuicultura al cambio climático (Daw *et ál.,* 2009).

El nivel de conocimiento sobre los impactos y, por lo tanto, las proyecciones sobre los recursos pesqueros todavía son limitados, tal como sugieren los estudios de Luch-Cota *et ál.* (2018) para la región del Pacífico Nordeste tropical y Bertrand *et ál.* (2018) para el Atlántico Sudoccidental y del Pacífico Sudoriental. Existen todavía deficiencias para el uso de modelos y para evaluar los efectos del cambio climático sobre la pesca a nivel regional. Por otro lado, no se ha tomado en cuenta la gran capacidad adaptativa y conocimiento comunitario para vincularlo con el conocimiento científico y de esta manera facilitar los procesos de adaptación.

La recopilación de datos de la pesca y los sistemas de monitoreo oceánico son todavía deficientes para aumentar significativamente la precisión de los modelos climáticos y ecológicos en la mayoría de países de la RIOCC y en especial en los países con niveles altos de pobreza de América Latina y el Caribe. Existe poca información sobre las limitaciones geográficas o físicas que tienen los recursos pesqueros en cada país, así como sobre la tolerancia ecofisiológica de los recursos. Faltan estudios de impactos y vulnerabilidad principalmente para América Central y algunas regiones tropicales de América del Sur (Magrin, 2015). La información existente se traduce en informes internos de difícil acceso, lo que limita el conocimiento y genera superposición y repetición. Es preciso conocer los niveles de degradación ambiental originada por la contaminación y la sobrepesca para priorizar las medidas de adaptación al cambio climático.

En la mayoría de los países de Iberoamérica no se cuenta con los recursos humanos capacitados en la obtención de información y la adopción y uso de la tecnología ni en organización y liderazgo. La pesca es una actividad caracterizada por una débil gobernanza y con instituciones desorganizadas y sin liderazgo que ha conducido a niveles altos de sobreexplotación de los recursos y la degradación de los cuerpos acuáticos. A ello se suma que la falta de acceso a los recursos económicos limita la capacidad de adaptación especialmente en los países más pobres de América Central y el Caribe.

Algunas acciones de adaptación desarrolladas o que se están desarrollando a través de proyectos en Perú, México, Costa Rica, Panamá, España y Chile, entre otros lugares, traen beneficios a las comunidades involucradas a través de la diversificación productiva, incremento de la productividad y mejora de la gobernanza. De esta manera la adaptación representa también una oportunidad económica potencial para los productores de bienes y servicios en la pesca y acuicultura. La implementación de acciones de adaptación generalmente es acompañada de mejoras en la política de gestión de los recursos pesqueros, desarrollo de infraestructura y servicios de créditos y seguros para los sectores más pobres.

La **Figura 8.9** muestra las principales acciones de adaptación y su relación con medidas de mitigación, de prevención de degradación de tierras, de protección de ecosistemas y biodiversidad, de seguridad alimentaria, de reducción de la pobreza, de agua, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las prioridades del Marco de Sendai. Algunas medidas de adaptación en la pesca y acuicultura interactúan con la mitigación en la medida en que estas favorecen la reducción de las emisiones, como aquellas relacionadas con el cambio de uso de combustibles fósiles por el de biogás en la pesca o con la reducción del esfuerzo de pesca, que a su vez es una medida que ayuda a la recuperación de los recursos. Tanto en la pesca industrial como en la artesanal, es posible reducir las emisiones de los procesos, el uso de residuos y la captura y almacenamiento de carbono en la industria, cambiar a otros combustibles fósiles (gas natural) y utilizar energías de bajas emisiones de carbono (p. ej., electricidad, solar, biogás) o biomasa. El uso de microalgas como biocombustible podría convertirse en un elemento importante para la industria a mediana y pequeña escala que podría ayudar a superar los efectos negativos del cambio climático en la pesca y acuicultura. Las acciones de adaptación presentan una fuerte interacción con la protección de ecosistemas y biodiversidad, seguridad alimentaria y reducción de la pobreza y una interacción débil con la mitigación, la prevención de la degradación de tierras, la salud y el agua. Las acciones de adaptación relacionadas con la gestión de riesgos, protección de hábitats críticos y la gobernanza interactúan con la mayoría de parámetros analizados.

En Chile, dada la importancia de los cultivos marinos, el desarrollo de dietas para peces cultivados con una menor inclusión de proteínas de peces marinos y una menor dependencia de la pesca marítima es una medida de mitigación particularmente relevante. Asimismo, el uso de sistemas de oxigenación para mitigar la acción de floraciones de algas o bajas de oxígeno, la producción de peces mejorados genéticamente y más resistentes a determinados patógenos o el empleo de sensores para el monitoreo continuo son acciones de adaptación al cambio climático en la acuicultura.

8.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

Los indicadores para la adaptación al cambio climático siguen pautas generales y buenas prácticas propias de la disciplina del monitoreo y evaluación. Una de ellas es que los indicadores requieren de algún modelo lógico (también llamado marco lógico, cadena de valor, teoría de cambio, etc.), donde se explica cómo, desde las actividades propuestas, se espera alcanzar los productos, efectos e impactos previstos (McCarthy *et ál.,* 2012; Bucheli, 2017). Con este marco de referencia, los indicadores señalan hitos de avance y logros de los procesos y resultados esperados de acciones de adaptación planificadas. Tal como ya se ha mencionado, las acciones planificadas de adaptación en pesca y acuicultura en los países de la RIOCC son muy escasas. Sin embargo, Kalikoski *et ál.* (2018) evalúan si en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) las acciones que se implementaran para mitigar y adaptarse al cambio climático dentro del sector de la pesca y la acuicultura se dirigen explícitamente a los pobres y los más vulnerables. Como se puede ver en la **Figura 8.10,** de los países de la RIOCC que presentaron su CND, nueve reportaron los impactos del cambio climático en su sector pesquero y acuícola, incluidos los impactos en los recursos pesqueros y los patrones de migración con consecuencias para la sostenibilidad del sector pesquero, los medios de vida, salud humana y seguridad alimentaria. En Perú, se planea incorporar en el Reglamento de la Ley Marco de Cambio Climático la creación de una plataforma para el monitoreo de las medidas de adaptación (Cristina Rodríguez, MINAM, com. pers.) que permitirá evaluar

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Especies de cultivo con mayor tolerancia térmica e hipoxia. Cambio o reubicación de especies con concha	○	○	●	●	○	◔	○	1, 2, 8, 13	
Cierre y reubicación de sitios de producción	○	◔	●	○	○	○	◔	8, 9, 13	
Planificación espacial para determinar nuevas áreas favorables y desfavorables	○	◔	◔	○	○	○	◔	8, 9, 14	4
Formulación de nuevos alimentos para especies carnívoras que no utilicen peces de bajo valor. Cultivo de especies herbívoras	○	○	●	●	○	○	○	2, 9, 12	4
Desarrollo del cultivo de especies de agua dulce tolerantes a la salinidad o especies eurihalinas o marinas naturales o seleccionadas	○	○	◔	◔	○	○	◔	1, 2, 9, 12	4
Implementación de planes de manejo adaptativo y con enfoque ecosistémico en pesquerías locales, regionales y nacionales	○	○	●	◔	○	◔	○	13	4
Fortalecer o establecer los programas de monitoreo espacial de los recursos y la biodiversidad marina en las diferentes pesquerías	○	○	◔	◔	○	○	○	13, 14	4
Fortalecer o establecer programas de reducción del descarte y la pesca incidental	○	○	●	◔	○	○	○	14	
Fortalecer los pronósticos de los desembarques frente a diversos escenarios del cambio climático	○	○	◔	○	○	○	○	13, 14	4
Incorporación del análisis de riesgos al cambio climático en los planes de gestión para pesca y acuicultura	○	◔	●	◔	◔	◔	○	13	1, 2, 4
Capacitación local sobre los riesgos del cambio climático a través de proyectos piloto de adaptación en pesca y acuicultura	○	◔	◔	◔	◔	○	○	13	1
Adaptación de la infraestructura portuaria de la pesca artesanal a los posibles impactos del cambio climático	○	○	○	○	◔	◔	○	2, 9, 13	3
Sistema de seguros para acuicultores de pequeña escala y pescadores artesanales ante eventos climáticos extremos	○	○	○	○	●	◔	○	13	

Figura 8.9. A. Interacciones en el ámbito de los recursos pesqueros entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. *(Continúa en la página siguiente).*

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Fomentar el consumo de especies de peces de bajo valor comercial, como la anchoveta y las sardinas, para combatir la inseguridad alimentaria	○	○	●	●	●	○	○	2, 8, 9, 12	
Incorporar la gestión del conocimiento en las cadenas de valor en pesca y acuicultura	○	○	●	○	○	○	○	8, 9	
Reducir u orientar el esfuerzo de pesca para reducir la vulnerabilidad de las especies ya amenazadas	●	○	●	●	○	○	○	2, 8, 13, 14	3
Mantener una reserva de biomasa mínima de peces de forraje y el aumento del rango de áreas protegidas para la recuperación de los principales depredadores	●	○	●	●	○	●	○	2, 8, 13, 14	
Desarrollo de infraestructura para el aprovechamiento óptimo de los recursos de la pesca de pequeña escala en la cadena de valor	○	○	●	○	○	●	○	2, 8, 9, 13	3
Mejorar el diseño de las embarcaciones y artes y aparejos de pesca para reducir el consumo de combustible y mejorar la calidad y la sostenibilidad de los recursos	●	○	●	○	○	●	○	2, 8, 9, 14	3
Desarrollar tecnologías de bioconversión de subproductos de la pesca y acuicultura en biogás, biofertilizantes y alimentos para animales	●	○	○	○	○	●	○	2, 8, 9, 12, 14	
Implementación o mejora de los sistemas de la recopilación de datos espaciotemporales de pesquerías a nivel nacional y local	○	○	●	○	○	○	○	13	1
Protección de hábitats críticos o esenciales para el desarrollo de especies comerciales, en particular los manglares y los estuarios	○	●	●	●	○	●	●	2, 8, 14	
Sistemas de gobernanza sólidos y participativos en la pesca de pequeña escala basados en políticas a largo plazo y con igualdad de género para la pesca y acuicultura	○	●	●	●	○	●	○	5, 8	2
Programas inclusivos de capacitación para fortalecer el comanejo de pesquerías de pequeña escala y para mejorar la salud de los ecosistemas y la seguridad alimentaria	○	○	●	●	○	●	○	2, 5, 14	1
Programas de acceso al crédito para los pescadores en pequeña escala para diversificar sus medios de vida y reducir la presión sobre *stocks* sobreexplotados	○	○	●	●	○	●	○	1, 2, 8, 14	3

Figura 8.9. B. Interacciones en el ámbito de los recursos pesqueros entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. *(Continúa en la página siguiente).*

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes ( ) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos ( ) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris ( ) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (y sea de cobeneficio o de antagonismo).

Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[3] Prioridades del Marco Sendai: ❶ comprensión del riesgo de desastres; ❷ fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; ❸ invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; ❹ mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

Figura 8.9. Interacciones en el ámbito de los recursos pesqueros entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia. *(Continuación).*



Figura 8.10. Pesca y acuicultura reportada en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND). Fuente: modificado a partir de Kalikoski *et al.* (2018).

la efectividad de las acciones de adaptación. En la Península Ibérica, actualmente el desarrollo de medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación provienen del desarrollo de mapas de vulnerabilidades y riesgos de exposición al cambio climático. El monitoreo y evaluación de las acciones de adaptación a través de indicadores de efectividad es fundamental, y debería ser parte del proceso de formulación de Planes de Adaptación al Cambio Climático para la Pesca y Acuicultura en los países de la RIOCC con la finalidad de definir los alcances y la eficacia de las inversiones y establecer las prioridades (grupos meta, territorios, temas) y asignación de recursos.

8.7. Casos de estudio

La **Figura 8.11** presenta las características de los casos de estudio sobre actuaciones de adaptación en pesca y acui-

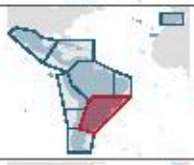
Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Adaptación autónoma a la variabilidad climática de la pesquería de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en el Perú.	Perú			Local		Nacional
Adaptación social frente al cambio climático de las mujeres en el marisqueo en Galicia (España).	España			Local		Nacional
Proyecto Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero de Perú (PE-G1001/PE-T1297).	Perú			Nacional		Nacional
La pesca en la bahía de Samborombón, Argentina: vulnerabilidad y lineamientos para adaptación al cambio climático.	Argentina			Local		Nacional
De la pesca al turismo con tortugas marinas: el caso de El Ñuro, Piura, Perú.	Perú			Local		Nacional



Figura 8.11. Caracterización de los casos de estudio (recursos pesqueros). Fuente: elaboración propia.

cultura identificados en los países de la RIOCC y que se describen a continuación.

8.7.1. Adaptación autónoma a la variabilidad climática de la pesquería de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en el Perú

8.7.1.1. Resumen del caso

Las comunidades costeras en el Perú se han adaptado a la variabilidad climática durante miles de años. Este caso muestra un ejemplo de adaptación reciente de los pescadores extractores de mariscos de la zona sur de Perú (Pisco) frente a las fuertes fluctuaciones de los bancos de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) causadas por El Niño. La aparición y descubrimiento de nuevos bancos en el norte de Perú (Sechura) obligó a los pescadores a migrar hacia esta zona llevando consigo la habilidad del buceo en la extracción de concha de abanico y el conocimiento básico para establecer «áreas de repoblamiento», que no eran más que áreas de cultivo sembradas con semilla de los bancos naturales y extraídas después a una talla comercial. Actualmente muchas familias de la zona sur se han asentado en la zona norte y la han convertido en la de mayor producción y exportación de concha de abanico en el país.

8.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

Perú experimenta eventos El Niño (EN) recurrentes durante los cuales la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) presenta cambios en el tamaño de sus *stocks* (**Figura 8.12**). En la costa sur del país, específicamente en la zona conocida como Pisco, el aumento de la temperatura de la superficie del mar origina un aumento de tamaño de sus *stocks.* Sin embargo, en la zona norte del país los eventos EN fuertes son sinónimo de inundaciones y descargas de ríos que afectan negativamente a la biomasa de concha de abanico. Durante el periodo de EN de 1983-1985, la cosecha de concha de abanico en la bahía Independencia (Pisco) fue la más alta jamás registrada, produciendo alrededor de 40.000 toneladas a diferencia de aproximadamente 1.000 toneladas en años anteriores. Algo similar ocurrió con el evento EN de 1997-1998, que encontró a los pescadores preparados para el aprovechamiento de los bancos y que se centró en la extracción de semillas y su traslado a áreas someras de las bahías con fines de engorde, actividad mal llamada «repoblamiento». Ambos eventos convirtieron la concha de abanico en una especie objetivo para las exportaciones, lo que se tradujo en ingresos económicos para los pescadores de Pisco nunca antes vistos y creó expectativas de la ocurrencia de un nuevo EN. Sin embargo, la ocurrencia de estos eventos demandó una espera de por lo menos 15 años y con la incertidumbre de que los efectos



Figura 8.12. Concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) de la bahía de Sechura (Perú). Fuente: fotografía submarina tomada por Tania Mendo.

de El Niño fueran distintos a los del pasado. Por otro lado, los bancos de la zona norte (isla Lobos de Tierra y Sechura) experimentaron una mortandad masiva con la ocurrencia de El Niño de 1997-1998, afectando biomasas entre 8.000 y 12.000 toneladas registradas antes del evento y con ello mostrando una oportunidad de aprovechamiento en esta zona. En este contexto de variabilidad climática los pescadores decidieron de manera autónoma adaptarse a estos escenarios de cambios en la producción de los bancos que en el 2013 colocó a Perú como el tercer país más importante productor de vieiras en todo el mundo (3,7 %), después de China (86,9 %) y Japón (9,1 %). La bahía de Sechura actualmente representa el 80 % de la producción peruana (en 2013; Mendo *et ál.,* 2016) y el 50 % de la producción total de concha de abanico en América Latina.

8.7.1.3. Descripción del caso

Con la ocurrencia de los eventos EN en 1983/1984 y 1997-1999, tanto pescadores artesanales como hombres de negocios intentaron mantener la producción de concha de abanico mediante el cultivo en sistema de fondo en áreas someras de la costa (Mendo *et ál.,* 2016). Esta técnica mal llamada de «repoblamiento» involucra la colección de las semillas de los bancos naturales, que son transferidas a áreas costeras poco profundas para la fase de crecimiento hasta un tamaño comercial. Después de los eventos EN y aun cuando el Estado, presionado por los pescadores, otorgaba áreas para el cultivo y suministraba semillas, los bancos de la isla Lobos de Tierra, al sur de Sechura, mostraron una alta producción de semilla que propició la migración de los pescadores de Pisco hacia la costa norte, y la producción en Sechura mostró un incremento permanente a partir del año 2000, alcanzando cifras récords de 48.000 toneladas, es decir, el 80 % de la producción nacional (Mendo *et ál.,* 2016). En

el 2016 la producción disminuyó a alrededor de 20.00 t y en el 2017 fue casi nula por la ocurrencia de El Niño costero. Esta estrategia de adaptación frente a la variabilidad climática básicamente fue iniciada por los pescadores, quienes obligaron a las autoridades a generar instrumentos normativos para que se desarrollara esta actividad de manera exitosa, aunque todavía quedan algunas acciones pendientes para que la producción sea sostenible. El desarrollo de esta actividad fue posible gracias a la importación de una modalidad de cultivo experimentada por los pescadores de buceo de Pisco consistente en el traslado y siembra de semilla en áreas someras de la bahía de Sechura cuidadas celosamente hasta que las conchas alcanzan una talla comercial y para exportación (**Figura 8.13**). Por otro lado, fue crucial la disponibilidad de semillas casi de manera permanente en los bancos de isla Lobos de Tierra y en la misma bahía de Sechura, así como la formación de asociaciones de pescadores, a quienes se les asignó legalmente un área de mar para este propósito. Actualmente son más de 150 las asociaciones de pescadores artesanales (OSPAS) que cuentan con autorización para repoblar áreas asignadas mediante un Plan de Ordenamiento de la Bahía, que actualmente lidera la producción de concha de abanico en el Perú.

8.7.1.4. Limitaciones e interacciones

Una de las limitaciones que presenta la actividad de siembra en sistemas de fondo es la disponibilidad de semilla en los bancos naturales, ya que los bancos presentan una alta variabilidad en su producción. La semilla producida en los laboratorios creados en la zona es insuficiente todavía y no pueden competir con la oferta natural por el precio de venta. Actualmente existen indicios de que la producción de semillas en los bancos de la isla Lobos de Tierra está mayormente gobernada por la retención larval y el transporte de larvas provenientes de la bahía de Sechura (Flores *et ál.,* 2019), que podría servir de soporte para una eventual formalización en la extracción de semillas de estos bancos. Por otro lado, el traslado de semillas de una zona a otra ha significado el traslado de otras especies, como la macroalga invasora *Caulerpa sp.* de Piura a Pisco. Asimismo, la siembra en el fondo es vulnerable a los eventos de anoxia que suelen presentarse en la costa peruana como consecuencia de cambios oceanográficos y decaimiento de la producción de las floraciones algales nocivas. Otra de las limitaciones es el incumplimiento de protocolos sanitarios y monitoreo por parte de las asociaciones, requisitos necesarios para la exportación de sus productos. La cultura empresarial y de ahorro todavía no está desarrollada para enfrentar estos instrumentos de gestión. Finalmente, deben considerarse los impactos ambientales que genera la misma actividad acuícola como consecuencia de las excretas y seudoheces producidas por los organismos cultivados. La experiencia de adaptación de los pescadores artesanales y el desarrollo del cultivo de fondo han permitido la interacción de muchas instituciones públicas y privadas involucradas en esta actividad. Los cobeneficios son sumamente importantes en toda la cadena de producción y valor, otorgando oportunidades de ocupación para el país e inversión tanto en la producción como en el transporte, procesamiento y exportación. Esta modalidad de ocupación de los pescadores de buceo les ha permitido tener un trabajo con beneficios muy altos y además en un ambiente de mayor seguridad de salud y vida.



Figura 8.13. Embarcación marisquera con concha de abanico en el desembarcadero pesquero artesanal de Parachique (bahía de Sechura, Perú). Fuente: fotografía tomada por Jaime Mendo.

8.7.1.5. Lecciones identificadas

La principal lección identificada es que los pescadores usando una forma de autogestión al inicio y de comanejo pueden adaptarse a la variabilidad climática o al cambio climático. Es posible en este contexto de manera sencilla pasar a una adaptación basada en ecosistemas; por lo tanto, se abre una oportunidad para seguir trabajando con los pescadores maricultores de la bahía de Sechura.

8.7.2. Adaptación social frente al cambio climático de las mujeres en el marisqueo en Galicia (noroeste de España)

8.7.2.1. Resumen del caso

El sector del marisqueo (fundamentalmente almejas babosa, fina y japonesa, y berberecho) en Galicia (España), desempeñado mayoritariamente por mujeres, ha experimentado transformaciones sustanciales en los últimos 30 años (Macho *et ál.,* 2014). El sistema de gobernanza en los años ochenta, basado en la gestión de los recursos marisqueros *top-down*, cuando la toma de decisiones la llevaba a cabo el Gobierno central, tuvo como resultado el descenso generalizado de

la mayor parte de las especies de marisqueo. A partir de la aprobación del Estatuto de Autonomía de Galicia en 1986, la transferencia de competencia para la gestión de estos recursos y el apoyo del Gobierno regional de la Xunta de Galicia, el sistema socioecológico del marisqueo experimentó cambios positivos, creando un sistema de gestión de derechos territoriales de uso que permitieron la recuperación de la mayor parte de las especies.

En este contexto en el que en la actualidad el sector debe hacer frente a los efectos negativos del cambio climático sobre la abundancia de las almejas, se desarrolló el proyecto MARISCO, que analizó la dimensión social de la adaptación frente al cambio climático en la última década por parte de un grupo de mujeres de tres de las cofradías más importantes de Galicia (Cambados, Campelo y Pontevedra) a través de un programa de entrevistas a las mariscadoras. Las mariscadoras están diseñando, al menos hasta el momento, estrategias exitosas de carácter social. Primero, han diseñado una estrategia de adaptación, sobre todo de carácter económico, dirigiendo su explotación de forma predominante hacia la especie almeja japónica, que, aunque foránea, es más resistente frente a los efectos del cambio climático que la autóctona, y que a su vez les permite abastecer los mercados de forma regular. Segundo, las mariscadoras han sido pioneras en promover su participación en el sistema de comanejo de los recursos marisqueros codiseñando planes de explotación anual desde los años noventa. Tercero, existe un mayor involucramiento de las organizaciones de mariscadoras en tareas de capacitación, asunción de responsabilidades en la dirección de la agrupación de mariscadoras, y mayor vigilancia de la actividad, lo que ha permitido una mayor cohesión interna entre las mujeres frente al cambio climático. Cuarto, una mayor organización permitió optimizar los costos de producción con vistas a mejorar las tareas de limpieza y regeneración de los bancos marisqueros. Quinto, el diseño y cumplimiento de los planes de explotación posibilitó obtener mayores ingresos económicos y sociales, obteniendo derechos (prestación por desempleo, bajas médicas remuneradas, entre otros) ante el sistema de la Seguridad Social de España (Villasante *et ál.,* 2018). No obstante, este sector afronta desafíos significativos tales como la degradación de los hábitats, la contaminación por embalses y la pesca IUU, entre otros (Pita *et ál.,* 2018).

8.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

La recogida de moluscos bivalvos (fundamentalmente almeja babosa, fina, japónica y berberechos) en las playas de Galicia ha sido una actividad histórica desarrollada sobre todo por mujeres, con gran arraigo socioeconómico y cultural para las comunidades costeras, y ha contribuido de forma destacada a la ingesta de proteína de origen marino de altísima calidad y valor nutricional. Tradicionalmente, estos recursos se recogían en una situación de acceso abierto (*open access*) y solo sustentaban una actividad de subsistencia para la demanda local (Macho *et ál.,* 2014). Esta situación cambió cuando estos productos comenzaron a comercializarse por parte de las empresas conserveras en los años sesenta, y posteriormente fueron distribuidos refrigerados en toda España. Con el cambio sustancial del patrón de consumo de productos pesqueros en España, el estado de los recursos marisqueros también se vio alterado. El número de mariscadores aumentó hasta cerca de 60.000 personas en 1974-1975, lo que originó la existencia de conflictos por la captura de estos recursos y el posterior colapso de la mayor parte de ellos en los años ochenta (Macho *et ál.,* 2014) (**Figura 8.14**).

Ante esta situación, el Gobierno nacional modificó algunas regulaciones referidas al acceso (registro obligatorio de mariscadores, cierre de áreas, etc.), pero el acceso abierto permaneció *de facto* hasta que el gobierno autonómico de



Figura 8.14. Mariscadoras en la ría de Pontevedra (Galicia, España). Fuente: fotografías de Pablo Pita.

Galicia transformó el régimen de derechos de acceso y reguló la actividad de las mujeres. Estos cambios se aceleraron en los años noventa, cuando el marisqueo se reguló como una actividad profesional que requirió un permiso (*permex*) controlado por el gobierno regional, se adoptó un plan de explotación desarrollado por parte de las cofradías de pescadores con apoyo de las asistencias técnicas y supervisado por la Administración regional, y se estableció el registro en la Seguridad Social de las mariscadoras (Macho *et ál.,* 2013; Pita *et ál.,* 2018). La organización de la actividad fue promovida a través de las organizaciones de mariscadoras integradas en las cofradías, en donde se ha entendido como un sistema de cogobernanza del marisqueo (Frangoudes *et ál.,* 2013).

Esta transformación implicó, sin embargo, una drástica caída del número de mariscadores, la mayoría mujeres, que pasó de 16.335 en 1990-1991 a 3.017 en 2017 debido, en gran parte, a la sobrepesca, la pesca IUU, la importación de marisco extranjero, la degradación de hábitats, la contaminación, entre otros factores, con efectos negativos en las comunidades costeras (Pita *et ál.,* 2018).

En la actualidad, el marisqueo a pie genera en Galicia más de 10.000 empleos directos (> 4.300 son mujeres), explota más de 60 especies (moluscos, crustáceos, gasterópodos, equinodermos, anélidos, anémonas, algas, etc.), captura alrededor de 7.000 toneladas anuales por valor de ~51 millones de euros (Xunta de Galicia, 2018). Las especies de marisqueo son gestionadas por un sistema de comanejo implementado por la Administración autonómica (Xunta de Galicia) y las 63 cofradías de pescadores que existen en Galicia, generalmente localizadas en pequeñas villas marineras. Cada cofradía dispone de derechos territoriales de uso (TURF) y las mariscadoras ejercen sus TURF en un área de aproximadamente 80.000 ha a lo largo del litoral gallego (Arnáiz *et ál.,* 2005). Un problema común es la ausencia de un protocolo de recogida sistemática de información biológica, económica y social a nivel regional y local (Villasante *et ál.,* 2016). En este contexto, el marisqueo está haciendo frente a cambios importantes derivados del cambio climático y otros efectos antropogénicos que están poniendo en riesgo la sostenibilidad de la actividad.

8.7.2.3. Descripción del caso

Una de las consecuencias del cambio global es la periodicidad con que ocurren eventos tales como incremento de la temperatura superficial del mar y lluvias torrenciales que están modificando la salinidad costera. Las proyecciones muestran que en la costa atlántica de Europa ocurrirán con mayor frecuencia, intensidad y duración olas de calor y precipitaciones extremas que pueden generar episodios de mortalidad masiva dependiente de las especies, ciclo de vida o contexto espacio-temporal (Parada *et ál.,* 2012). Cambios en la salinidad de los bancos debido a fuertes lluvias en 2000-2001 (Parada *et ál.,* 2012) y 2013-2014 (Mariño, Pereira, Pastoriza obs. pers.) ocasionaron eventos de mortalidad extrema en las rías gallegas.

Durante el proyecto MARISCO (financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España; 2015-2018), los autores realizaron trabajo de campo en cofradías donde el marisqueo resulta de vital importancia para las mujeres y donde los efectos del cambio climático están siendo más evidentes. Se realizaron 335 encuestas en las cofradías de Cambados (N = 95), Campelo (N = 155) y Redondela (N = 85) entre marzo y julio de 2017 (Villasante *et ál.,* 2018). Los resultados de las encuestas señalan que la mayor parte de las mujeres (N = 287) perciben cambios biológicos significativos de las especies capturadas, tales como una mayor mortalidad (en algunos casos masivos), menor abundancia y tamaño, y mayor frecuencia de presencia de parásitos y mareas rojas (Villasante *et ál.,* 2018). Para adaptarse a estos cambios negativos del medio marino, las mariscadoras (N = 293) están diseñando estrategias exitosas de carácter social. Primero, fueron pioneras en promover su participación en el sistema de comanejo de los recursos marisqueros codiseñando planes de explotación anual desde los años noventa, lo que ha permitido una recuperación de las especies. Segundo, existe un mayor involucramiento de las organizaciones de mariscadoras en tareas de capacitación, asunción de responsabilidades en la dirección de la agrupación de mariscadoras, mayor vigilancia de la actividad, lo que ha proporcionado una mayor cohesión interna entre las mujeres. Tercero, una mayor organización permitió optimizar los costos de producción con vistas a mejorar las tareas de limpieza y regeneración de los bancos marisqueros. Cuarto, el diseño y cumplimiento de los planes de explotación posibilitó obtener mayores ingresos económicos y sociales, obteniendo derechos (prestación por desempleo, bajas médicas remuneradas, entre otros) ante el sistema de la Seguridad Social de España.

8.7.2.4. Limitaciones e interacciones

En general, la falta de información de variables socioeconómicas suele ser un obstáculo para el estudio del marisqueo en Galicia. La existencia de otros efectos antropogénicos (contaminación, capturas ilegales por parte de turistas) supone una limitación a la hora de determinar los efectos del cambio climático sobre el marisqueo. La falta de una evaluación científica (biológica, económica, social) y monitoreo integral puede ser señalada como una limitación destacada para asegurar que los cambios transformadores continúen en el futuro.

La transformación social del marisqueo gallego ha sido un éxito, generando beneficios socioeconómicos no solo para las mujeres, sino también para sus familias y las comunidades locales que dependen de esta actividad. Su capacidad adaptativa permitió también mantener la capacidad de carga de los ecosistemas marinos a través de la regeneración y limpieza de los bancos marisqueros y una mayor vigilancia de los furtivos, crear procesos de cooperación con la Administración regional y la comunidad científica, y reducir el desempleo femenino en zonas altamente dependientes de la pesca con escasas alternativas laborales.

8.7.2.5. Lecciones identificadas

La transformación socioecológica del marisqueo gallego desde los años ochenta representa un caso de estudio de especial relevancia a nivel global dado el elevado peso de las mujeres en la actividad. Los cambios positivos experimentados por el sector a través de la creación de un sistema de comanejo implementando planes de explotación anual permitieron un mayor control de la actividad, una mejora en el funcionamiento de las organizaciones de mariscadoras y una recuperación de la mayor parte de los recursos marisqueros en las últimas décadas. Esta transformación exitosa no ha estado, sin embargo, exenta de drásticos cambios en el número de mujeres, así como en las especies objetivo. En este contexto y frente a los efectos del cambio climático, las mujeres también han desarrollado estrategias de adaptación social que propician el mantenimiento de sus rentas a través, sobre todo, de la venta de la almeja japónica (especie invasora) en detrimento de las especies autóctonas. No obstante, focalizar de forma mayoritaria la explotación de los recursos marisqueros en un monocultivo puede entrañar un elevado riesgo ante posibles cambios de abundancia y mortalidad de la especie.

8.7.3. Proyecto Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino-Costero de Perú (PE-G1001/PE-T1297)

8.7.3.1. Resumen del caso

Este proyecto de adaptación al cambio climático, desarrollado con el financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y ejecutado por el Ministerio de la Producción y con el soporte técnico del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) (2015-2018), ha buscado contribuir a aumentar la resiliencia de los ecosistemas marino-costeros y de las comunidades costeras de pescadores artesanales ante los impactos del cambio climático. Acciones de adaptación concretas fueron realizadas en Huacho, Pisco e Ilo, que consistieron en talleres de capacitación a grupos de pescadores artesanales sobre la recolección y uso de información en gestión pesquera; el diseño, implementación y uso de artes y métodos de pesca sostenible dirigidos a la captura de anchoveta para el consumo humano directo (CHD), y el entrenamiento de profesionales y pescadores para la aplicación de buenas prácticas pesqueras que conduzcan a la inclusión de los pescadores artesanales en cadenas productivas para CHD (Zavala *et ál.,* 2019).

8.7.3.2. Introducción a la problemática del caso

Perú cuenta con las pesquerías más productivas del mundo, generando aproximadamente el 10 % de las capturas de pescado mundial. Entre los principales factores que impulsan esta enorme productividad están las características físicas y químicas del afloramiento costero del país (Chávez *et ál.,* 2008). Aun cuando la mayor parte del impacto económico del sector está relacionado con la pesca de anchoveta para la producción de harina de pescado y para la industria de aceite de pescado en el país, la pesca artesanal tiene un importante rol socioeconómico como fuente de empleo tanto directo como indirecto y como fuente de proteínas para la seguridad alimentaria del país y del mundo.

Se espera que el cambio climático tenga efectos en la biodiversidad, la calidad de los hábitats y los ciclos de vida de los ecosistemas y organismos marinos, así como en los servicios socioeconómicos, tales como el potencial de captura de peces, los ingresos de los pescadores y sus medios de subsistencia, aumentando a su vez la vulnerabilidad de los ecosistemas marinos costeros. Las comunidades a lo largo de la costa peruana, incluyendo el 15 % de la población urbana del país, son actualmente muy vulnerables a los cambios potenciales en la producción de peces debido a variables como la exposición al clima, la sensibilidad o la dependencia de la pesca y la limitada capacidad de adaptación (Allison, *et ál.,* 2009). Se prevé que a largo plazo el cambio climático, a través de sus impactos directos y/o indirectos sobre los ecosistemas, ponga en riesgo la sostenibilidad de la pesca artesanal. De esta manera, una reducción de la productividad en la pesca artesanal tendría un impacto significativo sobre las economías locales e implicaría el deterioro de los medios de subsistencia de la comunidad pesquera.

En este contexto, este proyecto financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y ejecutado por el Ministerio de la Producción y el soporte técnico del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) (2015-2018) ha buscado contribuir a aumentar la resiliencia de los ecosistemas marino-costeros y de las comunidades costeras de pescadores artesanales a los impactos del cambio climático.

8.7.3.3. Descripción del caso

El proyecto tuvo como objetivo responder a tres retos específicos:

a. Limitado conocimiento en torno a la naturaleza y el alcance de los impactos del cambio climático sobre los recursos marinos y los ecosistemas costeros, que se deriva de (i) la falta de capacidades de modelación y predicción suficiente, lo que limita la comprensión de las dinámicas oceanográficas y climáticas, y excluye la posibilidad de una gestión pesquera adaptativa, y (ii) insuficientes plataformas para el monitoreo de las condiciones oceanográficas y meteorológicas en las escalas de tiempo requeridas.

b. Aumento de la vulnerabilidad de las comunidades pesqueras costeras debido a (i) la reducción de los ingresos provenientes de su actividad pesquera, relacionada con una menor productividad asociada con el calentamien-

to global y los cambios en la química de los océanos; (ii) la sensibilidad (grado de afectación) de las variables físicas y químicas del océano al cambio climático, y (iii) la incertidumbre en las metas de pesca sostenible ante los impactos climáticos sobre la productividad de la actividad pesquera. La vulnerabilidad de los ecosistemas marino-costeros puede verse agravada debido al uso inadecuado de las zonas costeras y la consecuente contaminación del medio marino.

c. Capacidad limitada para integrar la información de la vulnerabilidad del sector pesquero al cambio climático en las políticas sectoriales y limitada organización de los pescadores para participar en las cadenas productivas. Con el fin de lograr los objetivos del proyecto propuesto, todos los actores relevantes, las comunidades y los agentes nacionales y regionales necesitan acceso a información ambiental de mejor calidad sobre el medio marino y su relación con la productividad del mismo, así como una mayor sensibilización sobre los efectos del cambio climático en el sector pesquero.

El proyecto ha fortalecido las capacidades técnicas del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) para modelar, diagnosticar y pronosticar la respuesta del complejo sistema marino-costero al cambio climático. Ello permitió producir evaluaciones de vulnerabilidad sobre especies y casos piloto de interés ante diferentes escenarios futuros y de las consecuencias sobre el bienestar de las comunidades que dependen de estos recursos para su sustento. El proyecto también ha apoyado las actividades que desarrolla el Ministerio del Ambiente (MINAM) a través de los programas de Manejo Integral de la Zona Costera (MIZC), así como iniciativas ligadas a la formulación de planes locales y nacionales para el MIZC.

Se realizaron acciones de adaptación concretas en Huacho, Pisco e Ilo, que consistieron en talleres de capacitación a grupos de pescadores artesanales sobre la recolección y uso de información en gestión pesquera, así como el diseño, implementación y uso de artes y métodos de pesca sostenible dirigidos a la captura de anchoveta para el consumo humano directo (CHD) (**Figura 8.15**); también el entrenamiento de profesionales y pescadores para la aplicación de buenas prácticas pesqueras que conduzcan a la inclusión de los pescadores artesanales en cadenas productivas para CHD.

8.7.3.4. Limitaciones e interacciones

Una de las dificultades del proyecto ha sido el grado de organización y gestión de las comunidades pesqueras involucradas en acciones de adaptación que conduzcan a una mayor participación de los beneficiarios. Asimismo, como en otros proyectos que contemplan experiencias piloto de adaptación, la limitación más importante es la capacidad del Estado de escalar y generar sostenibilidad de las experiencias exitosas más allá del término del proyecto.

Este proyecto fortalecerá la interacción de las dependencias del Viceministerio de Pesca y Acuicultura (Ministerio de la Producción-PRODUCE) y del Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales (Ministerio del Ambiente-MINAM), encargados de los temas relacionados con el manejo integrado de zonas costeras y la adaptación al cambio climático. Por otro lado, permitirá el involucramiento de comunidades pesqueras artesanales en las actividades del proyecto y sensibilizará a todos los actores del proyecto en los temas de adaptación al cambio climático.



Figura 8.15. Charquicán, plato tradicional a base de anchoveta (*Engraulis ringens*) de la caleta de Carquín (Perú). Fuente: foto tomada por Edwin Pinto (Lab. Costero de Huacho, IMARPE).

8.7.3.5. Lecciones identificadas

Dado que este proyecto es uno de los planes pioneros en adaptación planificada en el ámbito marino, se estima que las lecciones que se deriven de su ejecución sean muy importantes para los proyectos o acciones de adaptación que se ideen en el futuro. De hecho, en el 2018 empezó el Proyecto «Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino-costero del Perú y sus pesquerías», financiado por el Fondo de Adaptación (PRODUCE, 2016b), ejecutado por el Ministerio de la Producción y el soporte técnico del IMARPE, que continuará y expandirá las acciones de adaptación iniciadas por el proyecto financiado por el BID. Dicho proyecto abarca cuatro componentes, asociados a ciencia y tecnología, intervenciones piloto orientadas a aumentar la resiliencia tanto de los ecosistemas marino-costeros como de las poblaciones de pescadores artesanales, gobernanza y formación de capacidades tanto a nivel técnico como de los pescadores artesanales. El ámbito de acción considera una zona piloto en el norte del Perú asociada al ecosistema marino-costero tropical y otra

en la costa central asociada al ecosistema del afloramiento (surgencia) costero. En sus intervenciones directas prevé llevar a cabo experiencias de acuicultura con especies nativas, cambio a artes de pesca sostenibles y bioconversión de residuos sólidos generados por la actividad pesquera artesanal, entre otras.

8.7.4. La pesca en la bahía de Samborombón, Argentina: vulnerabilidad y lineamientos para adaptación al cambio climático

8.7.4.1. Resumen del caso

Con 2,24 km^2, la bahía de Samborombón es el mayor humedal costero de Argentina. Los desembarcos pesqueros en los puertos de la bahía han variado en las últimas tres décadas y desde 2014 los desembarcos de corvina rubia (el principal recurso) se mantienen en 10.000 t/año. El análisis de riesgos y vulnerabilidad de las comunidades pesqueras revela gran incertidumbre y una subestimación de sus capacidades para contribuir con las acciones de adaptación frente al cambio climático en un escenario que se anticipa como un sistema más cálido, inestable y con más eventos extremos. Frente a ello es importante que las acciones de adaptación para la pesca en la bahía incluyan: i) políticas públicas coordinadas entre los organismos gubernamentales que contemplen la vulnerabilidad y los impactos previstos sobre la pesca y promuevan la participación de los pescadores; ii) un programa de monitoreo del clima y de la erosión costera; iii) un plan de monitoreo de los recursos pesqueros que incluya los efectos del cambio climático y estrategias de adaptación, y iv) un plan de medidas de adaptación para General Lavalle, la localidad más vulnerable, que contenga el análisis de estructuras portuarias, la planificación de defensas costeras y la zonificación de riesgos para viviendas y caminos.

8.7.4.2. Introducción a la problemática del caso

La bahía de Samborombón, sitio RAMSAR desde 1997, es el mayor humedal mixohalino (marisma) de Argentina. Abarca unas 224.000 hectáreas, desde Punta Piedras (35°27'S-56°47'O) hasta Punta Rasa (36°22'S-56°35'O), posee un ancho variable de entre 2 y 23 km e incluye una franja de aguas someras con fondos de limo y arenas finas hasta la isobata de 10 m. Es una zona de intensa interacción entre los ecosistemas acuáticos y terrestres, y de mezcla entre las aguas del río de la Plata y el océano Atlántico, lo que crea condiciones ecológicas únicas en el mar argentino y le permite dar sustento a una gran biodiversidad y a una pesquería de arrastre que tiene como especies principales a la corvina rubia y al pez palo.

La bahía es una de las áreas con mayor probabilidad de ser afectada por los efectos del cambio climático, como aumento en el nivel del mar, intensificación de tormentas y otros eventos extremos del clima, el incremento de la erosión costera e inundaciones más frecuentes por desbordes de los ríos Salado y Samborombón (con lluvias fuertes que colapsan los sistemas de canales construidos para conducir al mar estos desbordes). Un análisis realizado por FVSA (2013) señala los efectos esperados en la población costera local, en la pesca, la biodiversidad y los servicios ambientales del área, y presenta las estrategias de adaptación y las medidas posibles para incrementar la resiliencia de los sistemas pesqueros en la bahía.

8.7.4.3. Descripción del caso

Las principales especies capturadas en esta bahía son la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) y el pez palo (*Percophis brasiliensis*), a las que se suman la pescadilla (*Cynoscion guatucupa*), la corvina negra (*Pogonias cromis*), el pargo blanco (*Umbrina canosai*), la palometa pintada (*Parona signata*), la pescadilla real (*Macrodon ancylodon*), el águila de mar (*Myliobatis goodei*) y el gatuzo (*Mustelus schmitti*). Los desembarques se realizan en los puertos Río Salado, General Lavalle y San Clemente. Río Salado opera desde 1992, cuando se trasladaron embarcaciones desde los puertos de Mar del Plata, Quilmes y Tigre. Si bien inicialmente operaron 60 embarcaciones, desde 2010 solo operan 10 embarcaciones de menos de 15 m de eslora, que pescan con redes de arrastre en parejas. Desde General Lavalle operan 10 embarcaciones de menos de 15 m de eslora, que utilizan redes de arrastre en parejas. Desde San Clemente operan unos 40 pescadores artesanales con embarcaciones de 6 a 8 m de eslora, que utilizan trasmallos, redes agalleras y espineles, con capturas menores a las 1.000 t/año (**Figura 8.16**).

Los desembarcos declarados, según las estadísticas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación, han tenido



Figura 8.16. Puerto pesquero de San Clemente-bahía de Samborombón (Argentina). Fuente: Carman y Gonzales (2016).

grandes variaciones: en 1990-2000 se realizaron capturas de menos de 4.000 t/año, pero en 2001-2011 hubo un incremento que alcanzó las 10.000 t/año en 2010, principalmente en el puerto del General Lavalle, que llegó a representar un 30 % de los desembarcos de ese año para ambas especies en la provincia de Buenos Aires (8.000 t de pez palo y 27.000 t de corvina rubia). Desde 2014, los desembarcos de corvina rubia se han mantenido entre 8.000 y 10.000 t/año.

Al ser la bahía un área importante de cría y desarrollo de muchas especies pesqueras, existen problemas asociados al descarte pesquero, ya que los juveniles de corvina rubia suman el 90 % del descarte, por lo que a corto y mediano plazo sus poblaciones pueden quedar afectadas. Se estima hacia fines del periodo 2030-2040 para la zona un incremento de 1 °C en la temperatura superficial y el 10 % en la precipitación media anual respecto de la media climática del periodo 1961-1990. Considerando estos escenarios previstos, se pueden considerar dos ámbitos de impactos del CC sobre la pesca: i) sobre los recursos y ii) sobre los aspectos operativos. Los impactos sobre los recursos se darán por modificaciones del hábitat, disminución de la oferta de alimento (principalmente en las comunidades bentónicas) y cambios en las corrientes y masas de agua. Estas amenazas, sumadas a la sobreexplotación pesquera y la alta tasa de descarte registradas, incrementan la vulnerabilidad y podrían poner en riesgo la sostenibilidad de los recursos. El aumento del aporte de agua dulce por mayores lluvias podría disminuir la salinidad costera, aunque, dado que las especies que utilizan la bahía poseen un rango amplio de tolerancia (son eurihalinas), los efectos podrían no ser críticos. Las variaciones en la sedimentación también podrían afectar a las áreas de cría y desove.

En relación con la actividad, el incremento de la frecuencia de tormentas y eventos extremos seguramente disminuirá los días efectivos de pesca. Adicionalmente, el ascenso del nivel del mar y el aumento de altura y frecuencia de ocurrencia de las ondas de tormentas incrementarán los riesgos para la infraestructura asociada al sector pesquero, principalmente en General Lavalle y en los canales de acceso.

8.7.4.4. Limitaciones e interacciones

El análisis de riesgo y vulnerabilidad de las comunidades costeras dedicadas a la pesca en la bahía de Samborombón se basa en consideraciones generales más que en un conocimiento concreto de lo local y en la participación de los pescadores. Esto implica una incertidumbre en las vulnerabilidades, pero también una subestimación en las capacidades de los pescadores de aportar a la planificación y de contribuir en la implementación de acciones de adaptación local frente al cambio climático, en un escenario que se anticipa como un sistema más cálido, inestable y con intensificación en los eventos extremos (TCN, 2015). Esta realidad se agrava por la carencia de coordinación entre los organismos específicos, nacionales y provinciales, y por la urgente necesidad de servicios de vigilancia costera apropiados y con continuidad.

8.7.4.5. Lecciones identificadas

Dada la alta vulnerabilidad del complejo ecosistémico de la bahía de Samborombón, considerado como el de mayor vulnerabilidad de la costa argentina frente a los efectos previstos del cambio climático (TCN, 2015), es importante que las comunidades pesqueras locales perciban los riesgos y participen en la planificación e implementación de acciones de adaptación local frente al cambio climático. Se estima que el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y el Plan de Acción Nacional de Agro y Cambio Climático darán las pautas para desarrollar métodos y herramientas de evaluación sectorial de riesgos, junto con una estrategia de coordinación entre los actores locales relevantes.

8.7.5. De la pesca al turismo con tortugas marinas: el caso de El Ñuro, Piura, Perú

8.7.5.1. Resumen del caso

Este caso de adaptación autónoma fue desarrollado por la comunidad de pescadores artesanales de El Ñuro (Piura, Perú) frente a la reducción de sus capturas de especies de alto valor comercial por efecto de la variabilidad climática y la pesca excesiva. Basándose en su fuerte organización, decidieron buscar alternativas productivas y encontraron en el desarrollo del turismo una medida para adaptarse a estos cambios. Esta acción ha diversificado la ocupación reduciendo el esfuerzo de pesca y ha conducido a mejorar los ingresos económicos en la comunidad.

8.7.5.2. Introducción a la problemática del caso

En el norte del departamento de Piura existe una comunidad donde casi todos sus habitantes se dedican a la pesca: es la caleta El Ñuro (04°15'S) y tiene 64 años de existencia. Sus pobladores llegaron de la zona del Bajo Piura y Sechura y actualmente son unas 1.300 personas. Los pescadores, alrededor de 450, cuentan con 230 embarcaciones, de las cuales 110 son exclusivamente a vela. Tradicionalmente, esta comunidad de pescadores se ha dedicado a la pesca de recursos de alto valor comercial, como mero, cabrilla, peje blanco, robalo, atún, pez espada, etc. Sin embargo, en las últimas décadas estos recursos han disminuido drásticamente debido no solo a la sobrepesca, sino también a cambios en las condiciones oceanográficas. Actualmente la pesca se ha concentrado en la merluza (*Merluccius gayi peruanus*), cuyo valor comercial es bajo y, por lo tanto, los ingresos de los pescadores por la venta de sus productos han disminuido. Esta situación ha obligado a la comunidad a buscar otras alternativas para obtener los ingresos económicos que necesitan para mantener a sus familias.

8.7.5.3. Descripción del caso

Desde algunos años antes del 2009, un grupo de tortugas marinas verdes (*Chelonia mydas*) que naturalmente habita la zona frente a El Ñuro comenzó a acercarse a los alrededores del muelle pesquero en el momento en que las embarcaciones de los pescadores llegaban a desembarcar su captura. Las tortugas, muy oportunistas, buscaban restos de la pesca como alimento. Este acercamiento llamó la atención de personas que visitaban la comunidad. A partir del 2009, se iniciaron algunos estudios que incluyeron censos y un programa de marca y recaptura de estas tortugas para conocer su abundancia y sus movimientos. Paralelamente, algunas personas y empresas que no pertenecían a la comunidad iniciaron algunas actividades de turismo. Con el pasar del tiempo, la comunidad de El Ñuro mostró interés en realizar turismo alrededor de las tortugas verdes. Fue así cómo la comunidad se organizó para controlar el ingreso en el muelle de las personas interesadas en observar las tortugas previo pago y también para capacitar a diversos grupos de jóvenes de la comunidad como guías locales. Gracias a la promoción realizada por el gobierno regional y por la comunidad, para el año 2014 esta actividad experimentó un fuerte incremento, tanto que en un fin de semana de verano el muelle de El Ñuro recibía más de 14.000 visitantes. Hoy en día existen 30 embarcaciones de fibra de vidrio dedicadas exclusivamente a las actividades de avistamiento e inmersión con las tortugas marinas, aunque algunas también realizan actividades de avistamiento de ballenas jorobadas en la temporada de invierno y primavera (**Figura 8.17**). La mitad de los ingresos económicos que obtiene la comunidad por las actividades turísticas (cobro de ingreso, alquiler de chalecos y equipos, entre otros) son guardados en un fondo que gestiona el comité de turismo de la comunidad, que en pleno decide en qué se invierte o gasta. Este fondo ha permitido, por un lado, dar ocupación laboral a hombres y mujeres de la comunidad y, a la vez, incrementar el abastecimiento de agua para consumo humano a través de la adquisición de un camión cisterna.



Figura 8.17. Caleta El Ñuro (Piura, Perú), donde se ofrece a turistas la observación de tortugas marinas verdes (*Chelonia mydas*).
Fuente: fotografía de Iván Gómez Ore.

8.7.5.4. Limitaciones e interacciones

El sector gubernamental, específicamente el Gobierno central, aún está organizándose para poder publicar una norma que regule la actividad de turismo no solo con tortugas marinas, sino con fauna marina en general (p. ej., mamíferos marinos, aves marinas y tortugas marinas). Esta norma va a generar cambios en la manera como se realiza el turismo con las tortugas, lo cual podría generar ciertas complicaciones. La actividad de turismo desarrollada de manera autogestionada por los pescadores tiene limitaciones de un mayor desarrollo tanto por la variación estacional de la visita de las tortugas y de los turistas como por la infraestructura disponible para ello. Las tortugas marinas se han visto beneficiadas, dado que los pescadores han cambiado su actitud hacia ellas: de aprovecharlas si es que las capturaban incidentalmente a cuidarlas para que estén cerca de su desembarcadero.

Asimismo, el desarrollo de esta actividad ha incrementado la demanda de varios servicios que benefician a la comunidad de El Ñuro y otras comunidades o distritos aledaños. El transporte es uno de los servicios que se ha incrementado de manera significativa, así como la oferta de restaurantes en la comunidad. Actualmente las esposas de los pescadores han establecido pequeños restaurantes en la playa que son visitados por los turistas y que aportan ingresos a la comunidad.

8.7.5.5. Lecciones identificadas

La comunidad de pescadores de El Ñuro ha evidenciado que es posible diversificar las actividades productivas, aunque ello requiere de una buena organización y capacidad de gestión. El turismo es una actividad que puede ser considerada como una acción de adaptación de las comunidades pesqueras frente a la disminución de los recursos pesqueros debido a la sobrepesca, al cambio climático o a la variabilidad climática. Sin embargo, esta y otras actividades productivas requieren de una buena organización y liderazgo.

8.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

Las regulaciones pesqueras conducentes a una buena gestión de los recursos en la mayoría de los países de la RIOCC todavía carecen de un «enfoque climático», como sugiere CEPAL (2015). Por otro lado, si bien es cierto que existen planes o estrategias que orientan el desarrollo de acciones de adaptación para la pesca, estos en muchos casos no se traducen en acciones presupuestadas. Es necesario que los gobiernos orienten sus recursos económicos para que las comunidades o actores en general puedan mitigar los impac-

tos del cambio climático en un marco de sostenibilidad económica y ecosistémica. Las diversas medidas de adaptación, sin embargo, requieren considerar las características específicas de cada país y la magnitud de los impactos del cambio climático. En algunos casos, ello podría significar incluso el cuestionamiento de los actuales patrones de producción y consumo y, por tanto, el actual estilo de desarrollo (Sánchez y Reyes 2015).

La mayoría de los *stocks* pesqueros están actualmente explotados a niveles insostenibles, en especial en los países de la RIOCC en situación de pobreza. El cambio climático es una amenaza adicional para la sostenibilidad del sector pesquero y, por lo tanto, también para su contribución a las economías de estos países y para el alivio de la pobreza y la inseguridad alimentaria. La capacidad de adaptación de las poblaciones dependientes de la pesca se puede ver limitada por una gobernanza débil, un desarrollo débil del conocimiento y la pobreza persistente en muchos de los países, unos factores que colectivamente pueden aumentar su vulnerabilidad (Kifani *et ál.,* 2018). Por ello, Kalikoski *et ál.* (2018) sostienen que los esfuerzos de adaptación y mitigación deben estar centrados en la pesca y acuicultura de pequeña escala, que experimentan una mayor exposición y vulnerabilidad a los efectos del cambio climático.

Aun cuando existen evidencias de que el cambio climático está afectando a la pesca y la acuicultura en diferentes escalas espaciales y temporales, todavía existe incertidumbre en la implementación de modelos climáticos en algunas regiones (Lluch-Cota *et ál.,* 2018; Yañez *et ál.,* 2018; Bertrand *et ál.,* 2018). Tal como proponen Cochrane *et ál.* (2012), las políticas y actividades de adaptación a nivel supranacional, subnacional y local deberían considerar entre otros temas la ampliación de la base de conocimientos que permitan mejorar las proyecciones y el manejo de la incertidumbre y aporten a la toma de mejores decisiones. En este contexto, es necesario el desarrollo de proyectos que registren y sistematicen dicho conocimiento como punto de partida en la formulación y desarrollo de actuaciones de adaptación planificada.

Asimismo, es necesario considerar como líneas prioritarias de adaptación el fortalecimiento de los marcos de gobernanza, la creación y desarrollo de capacidades y estructuras técnicas y organizativas en las entidades encargadas de la pesca y la acuicultura, fortalecer las asociaciones en el seno del sector público y privado, la sociedad civil y las organizaciones no gubernamentales, y mejorar el aprovechamiento de los mecanismos financieros existentes con enfoques innovadores para seleccionar instrumentos financieros y crear incentivos y desincentivos eficaces.

Finalmente, se recomienda la adaptación anticipada para aumentar la resiliencia socioecológica. Si bien es probable que su costo sea un factor disuasorio para muchos países en el área, debe de tenerse en cuenta que, a largo plazo, el costo de adaptación reactiva podría ser mayor.

8.9. Conclusiones

La seguridad alimentaria y los medios de vida proporcionados por la pesca y la acuicultura son cruciales en muchas regiones costeras, ribereñas, insulares e interiores. Al mismo tiempo, el estado de los recursos marinos monitoreados por la FAO continúa deteriorándose. La fracción de las poblaciones de peces marinos explotados dentro de niveles biológicamente sostenibles ha mostrado una disminución de un 90 % en 1974 al 66,9 % en 2015 (FAO, 2018), con el agravante de que esta situación es peor en los países en desarrollo (Ye y Gutiérrez, 2017). En aguas continentales persiste una considerable incertidumbre sobre el estado de muchas pesquerías de captura que contribuyen de manera importante a las demandas globales de alimentos.

Los impactos del cambio climático en la pesca y acuicultura en los países de la RIOCC son complejos y están interconectados con diferentes sectores y actividades humanas. Los cambios en la temperatura o el pH pueden tener impactos directos o indirectos en cualquiera o en todas las facetas, desde las especies objetivo o cultivadas hasta la salud humana y el bienestar. Por lo tanto, los esfuerzos para adaptarse y mitigar el cambio climático deben planearse e implementarse teniendo en cuenta esta complejidad y cómo cualquier intervención nueva afectará no solo a los objetivos inmediatos de las acciones, sino también al sistema en su conjunto (Barange *et ál.,* 2018). La adaptación efectiva es requerida en todas las escalas y sectores de la pesca y la acuicultura para fortalecer y mantener los ecosistemas acuáticos productivos y resistentes y los beneficios derivados de ellos, pero se debe prestar especial atención a los más vulnerables para que el sector contribuya a alcanzar los objetivos globales de reducción de la pobreza y seguridad alimentaria.

En la actualidad, varios países de la RIOCC están realizando esfuerzos para elaborar planes e implementar acciones de adaptación al cambio climático para la pesca y acuicultura, como son los casos de Chile, Perú y Nicaragua, entre otros. Estas medidas ofrecen oportunidades que beneficiarán principalmente a la pesca y acuicultura de pequeña escala. De igual manera, los países de la Península Ibérica, donde el consumo de pescado es relativamente alto y la dependencia de la pesca de las comunidades costeras tiene gran importancia, las acciones de adaptación a los efectos del cambio climático se encuentran no solo planificadas, sino en ejecución.

Sin embargo, el sector pesca y acuicultura no se encuentra como prioridad en la mayoría de los países de la RIOCC y hasta ahora no se le ha dado el peso debido como un elemento fundamental para la seguridad alimentaria y como sustento de miles de familias. Las acciones de adaptación para la pesca y acuicultura registradas en la región de América Latina y el Caribe son escasas a nivel subnacional y local. A nivel local es valorable que las comunidades pesqueras con algunos emprendimientos en acuicultura y turismo se adapten de manera autónoma frente a la ausencia de presu-

puestos y coordinación por parte de los Gobiernos centrales. Estas iniciativas autónomas en la pesca tienen su origen en la disminución de la abundancia de los recursos pesqueros y en la falta de alternativas productivas tanto en ecosistemas acuáticos marinos como continentales.

Preguntas frecuentes

1. ¿Cuáles son los principales riesgos de la variabilidad climática y el cambio climático para la pesca y la acuicultura en la región?

El incremento de la temperatura es uno de los principales riesgos de la variabilidad climática y el cambio climático para la pesca y la acuicultura que afectará a la distribución de los *stocks,* lo que perjudicará a algunas pesquerías y favorecerá a otras. El descenso de las capturas debido a la disminución de la productividad de los cuerpos acuáticos pone en riesgo la seguridad alimentaria, especialmente de aquellas comunidades que dependen fuertemente de ellas. El alto riesgo de acidificación, especialmente en el golfo de México y el Caribe, causará la mortandad de corales y de especies calcificadoras y afectará a la pesca y a la acuicultura de moluscos bivalvos y crustáceos en países como España. Además, existe un alto riesgo para la pesca y la acuicultura debido al aumento de eventos de hipoxia y a la proliferación de microalgas tóxicas que causan mortandad de especies y la ocurrencia de floraciones algales nocivas. El incremento del nivel del mar en áreas de manglares, lagunas costeras, estuarios y rías, e inundaciones por el incremento de las precipitaciones y desborde de los ríos causarán la pérdida de hábitats, infraestructuras y áreas de cultivos acuícolas. Los fuertes vientos y tormentas acrecentarán los riesgos de accidentes en las faenas de mar, especialmente en las embarcaciones de la pesca artesanal y de pequeña escala.

2. ¿Cuáles son los factores que incrementan la vulnerabilidad y dificultan la adaptación frente al cambio climático para la pesca y la acuicultura?

Uno de los factores que incrementa la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático en la pesca y acuicultura es la débil gobernanza que caracteriza a este sector, que además soporta instituciones desorganizadas y sin liderazgo. Ello ha conducido a niveles altos de sobreexplotación de los recursos y de contaminación, a la introducción de especies exóticas y al mal uso de los cuerpos acuáticos en la región. La alta informalidad e ilegalidad existente en la pesca y acuicultura es una consecuencia de las fallas en los procesos de gestión y de la falta de alternativas de diversificación productiva, que incrementan la dependencia de las comunidades pobres de la pesca y acuicultura, haciéndolas más vulnerables. Los pescadores y acuicultores de pequeña escala en los países más pobres de América Central y el Caribe son particularmente vulnerables y tienen poca capacidad de actuar frente al cambio climático tanto por su ubicación geográfica como por su situación de pobreza. Por ello, las estrategias de adaptación al cambio climático deben enfatizar la necesidad de erradicar la pobreza y la inseguridad alimentaria, tal como proponen el Acuerdo de París, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible y otros instrumentos internacionales, como las directrices voluntarias para asegurar la pesca sostenible a pequeña escala en el contexto de seguridad alimentaria y erradicación de la pobreza.

En este contexto de débil gobernanza y pobreza en varios países de la región, la implementación de estrategias de adaptación será más complicada y requerirá de la participación de los actores en diferentes niveles y sectores del gobierno, la sociedad civil, la academia y las organizaciones comunitarias en un proceso interactivo a través del cual se definan, prioricen e implementen acciones y políticas.

3. ¿De qué manera el incremento de la frecuencia de los eventos extremos del clima y del ENOS afecta a la pesca y la acuicultura?

Los eventos extremos del clima y del ENOS en esta región serán más intensos y frecuentes y tendrán impactos negativos en la seguridad alimentaria y la pérdida de activos (por ejemplo, barcos de pesca, motores y equipos), especialmente en los países con alto nivel de pobreza. Las poblaciones de los países insulares del Caribe y de las costas del golfo de México, así como de las latitudes altas de Argentina y Uruguay, son fuertemente vulnerables a estos eventos extremos, como el aumento de las descargas de los ríos y las precipitaciones. La infraestructura de los cultivos suspendidos de *Argopecten purpuratus* y pesquera en Perú y Chile será dañada por la intensidad de las marejadas. En Perú y Ecuador el incremento del nivel del mar y los eventos intensos de lluvia, generados por una mayor frecuencia e intensidad de los EN, ponen en riesgo la producción de camarón marino y tilapia por sedimentación y pérdida tanto de la infraestructura en general como de áreas de manglar en la costa. Asimismo, el aumento de las descargas de los ríos, debido a un crecimiento de las precipitaciones en el sur de Brasil, puede significar una disminución en las capturas de camarón. Eventos extremos de temperatura y acidificación afectarán a la producción pesquera y acuícola en el norte de la Península Ibérica y en el mar Mediterráneo.

4. ¿Qué oportunidades o beneficios podría generar el cambio climático para la pesca y la acuicultura?

Muchos países de la región están incluyendo el cambio climático en la elaboración e implementación de políticas públicas de pesca y acuicultura que permitan generar

iniciativas, programas y proyectos que contribuyan a la adaptación ante el cambio climático. Ello no solo permitirá moderar o evitar los daños, sino también el uso de instrumentos de gestión de los sectores gubernamentales, tanto a nivel nacional como regional y local, con una visión sistémica y participativa del cambio climático y sus efectos. Por otro lado, el cambio climático ha permitido conocer las falencias en nuestro conocimiento de la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos, la pesca y la acuicultura ante el cambio climático. Asimismo, permite identificar los riesgos que supone el cambio climático para la pesca y acuicultura y valorar la importancia de tener ecosistemas saludables y productivos, mejorando los modelos de gestión de los recursos pesqueros y acuícolas. La aplicación de buenas prácticas en la ordenación y el manejo de los recursos naturales es una estrategia que beneficia a todos y genera ventajas tanto en el presente como en el futuro, incrementa la capacidad de resistencia (resiliencia) de los ecosistemas acuáticos y las economías, y con frecuencia contribuye a reducir emisiones. Las comunidades involucradas en acciones de adaptación a través de proyectos podrían tener beneficios por medio de la diversificación productiva, incremento de la productividad y de la mejora de la gobernanza.

5. ¿Cuáles serían las acciones prioritarias de adaptación para reducir los riesgos del impacto del cambio climático sobre la pesca y la acuicultura?

- Cultivo de especies con mayor tolerancia a la salinidad, temperatura e hipoxia, y cierre y reubicación de sitios de producción.
- Formulación de nuevos alimentos para especies carnívoras que no utilicen peces de bajo valor y fomento del cultivo de especies herbívoras.
- Sistemas de gobernanza sólidos y participativos en la pesca de pequeña escala basados en políticas a largo plazo y con igualdad de género para la pesca y acuicultura.
- Capacitación local sobre los riesgos del cambio climático a través de proyectos pilotos de adaptación en pesca y acuicultura.
- Sistema de seguros para acuicultores de pequeña escala y pescadores artesanales ante eventos climáticos extremos.
- Fomento del consumo de especies de peces de forraje, como la anchoveta y las sardinas, para combatir la inseguridad alimentaria.
- Protección de hábitats críticos o esenciales para el desarrollo de especies comerciales, en particular, los manglares y los estuarios.
- Programas de financiamiento para los pescadores en pequeña escala para diversificar sus medios de vida y reducir la presión sobre *stocks* sobreexplotados.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a José Manuel Moreno y Clara Laguna-Defior por su apoyo durante el desarrollo del capítulo, así como a los revisores por sus aportes y a los autores principales de otros capítulos del libro que en las reuniones de la RIOCC generaron espacios de discusión que enriquecieron este capítulo. Asimismo, nuestro agradecimiento a Shaleyla Kelez por compartir información en relación con el caso de El Ñuro y a Jimmy Martina por su ayuda en la elaboración de los mapas.

Bibliografía

Allan J.D., R. Abell, Z. Hogan, C. Revenga, B.W. Taylor, R.L. Welcomme y K. Winemiller. 2005, Overfishing of inland waters. *BioScience,* 55: 1041-1051.

Allison, E.H., A.L. Perry, M.-C. Badjeck, W. Neil Adger, K. Brown, D. Conway, A.S. Halls, 2009: Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries,* 10(2): 173-196. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-2979.2008.00310.x

Amores, A., L. Rueda, S. Monserrat, B. Guijarro, C. Pasqual y E. Massutí, 2014: Influence of the hydrodynamic conditions on the accessibility of the demersal species to the deep water trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean). *Journal of Marine Systems,* 138, 203-210.

Anadón, R. y N. Roqueñi N (eds.), 2009: *Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias.* Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e infraestructuras, Principado de Asturias, 30-64.

AQUADAPT, 2018: *Documento Plan de Adaptación del sector acuícola marino español al Cambio Climático.* Proyecto: Plan de Adaptación del sector de la acuicultura marina española al cambio climático. Universidad de Vigo (UVIGO) y Universidad de Santiago de Compostela (USC), 60 pp.

Arnaíz, R., 2005: *La pesquería de calamar y puntilla boliche en las Rías Baixas gallegas 1999-2003. Los recursos marinos de Galicia.* Serie Técnica n.º 3. Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, 108 pp.

Avadí, A., P. Fréon e I. Quispe, 2014: Environmental assessment of Peruvian anchoveta food products: is less refined better? *International Journal of Life Cycle Assessment,* 19(6): 1276-1293. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11367-014-0737-y)

Badjeck, M-C., E. Allison, A. Halls y N. Dulvy, 2010: Impacts of climate variability and change on fishery based livelihoods. *Marine Policy,* 34: 375-383.

Bañón, R., J.L. del Río, C. Piñeiro y M. Casas, 2002: Occurrence of tropical affinity fish in Galician waters, north-west Spain. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,* 82: 877-880.

Bañón, R., 2017: Integrative taxonomy supports the presence of two species of *Kyphosus* (Perciformes: Kyphosidae) in Atlantic European waters. *Scientia Marina,* 81(4), DOI: 10.3989/scimar.04601.08A

Barange, M., T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.), 2018: *Impacts of climate change on fisheries and*

aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper n.º 627. Rome, FAO. 628 pp.

Becker, L.A., M.A. Pascual y N.G. Basso, 2007: Colonization of the southern Patagonia Ocean by exotic Chinook salmon. *Conservation Biology,* 21: 1347-1352. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17883500

Behrenfeld, J., R.T. O'Malley, D.A. Siegel, C.R. McClain, J.L. Sarmiento, G.C. Feldman *et ál.:* 2006. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature,* 444, pp. 752-755.

Bellwood, D.R., A.S. Hoey y H. Choat, 2003: Limited functional redundancy in high diversity systems: resilience and ecosystem function on coral reefs. *Ecology Letters,* 6: 281-285.

Belmadani, A., V. Echevin, F. Codron, K. Takahashi y C. Junquas, 2014: What dynamics drive future wind scenarios for coastal upwelling off Peru and Chile? *Climate Dynamics,* 43(7-8): 1893-1914. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s00382-013-2015-2)

Béné, C., M. Barange, R. Subasinghe, P. Pinstrup-Andersen, G. Merino, G.-I. Hemre y M. Williams, 2015: Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security,* 7(2): 261-274. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z)

Bergamino, L., Szteren, D. y Lercari, D., 2012: Trophic impacts of marine mammals and seabirds in the Río de la Plata estuary and the nearshore oceanic ecosystem. *Estuaries and Coasts,* 35(6): 1571-1582. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s12237-012-9545-4

Bertrand, A., J. Habasque, T. Hattab, N. Hintzen, R. Oliveros-Ramos, M. Gutiérrez, H. Demarcq y F. Gerlotto, 2016: 3-D habitat suitability of jack mackerel *Trachurus murphyi* in the Southeastern Pacific, a comprehensive study. *Progress in Oceanography,* 146: 199-211. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.07.002

Bertrand, A., R. Vögler y O. Defeo, 2018: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Southwest Atlantic and Southeast Pacific marine fisheries. En: *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* [Barange, M., T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.)]. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper n.º 627. Rome, FAO. 628 pp.

BID/CEPAL, 2014: *La economía del cambio climático en el Perú.* Banco Interamericano de Desarrollo, Comisión Económica para América Latina y el Caribe-Monografía del BID 222, 152 pp.

Bode, A., A. Lavín y L. Valdés (eds.), 2012: *Cambio climático y oceanográfico en el Atlántico del norte de España.* Instituto Español de Oceanografía, 280 pp.

Brander, K., 2007: Global fish production and climate change. *P. Natl. Acad. Sci.,* 104, 19709-19714.

Breitburg, D., L.A. Levin, A. Oschlies, M. Grégoire, F.P. Chavez, D.J. Conley, V. Garçon, D. Gilbert, D. Gutiérrez, K. Isensee, G.S. Jacinto, K.E. Limburg, I. Montes, S.W.A. Naqvi, G.C. Pitcher, N.N. Rabalais, M.R. Roman, K.A. Rose, B.A. Seibel, M. Telszewski, M. Yasuhara y J. Zhang, 2018: Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science,* 359, DOI: 10.1126/science. aam7240

Brierley, A.S. y M.J. Kingsford, 2009: Impacts of Climate Change on Marine Organisms and Ecosystems. *Current Biology,* vol. 19, n.º 14, pp. 602-614, https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.05.046

Brochier, T., V. Echevin, J. Tam, A. Chaigneau, K. Goubanova y A. Bertrand, 2013: Climate change scenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system. *Global Change Biology,* 19(6): 1841-1853. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23554213

Bruno, J.F. y E.R. Selig, 2007: Regional decline of coral cover in the Indo-Pacific: timing, extent, and subregional comparisons. *Plos One,* 2(8): e711 (*on-line*). Citado el 26 de marzo de 2018, https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0000711

Bucheli, B., 2017: *Estado del arte del monitoreo y evaluación de la adaptación al cambio climático.* MINAM/USAID/IIDS. 89 pp.

Burgos, A. y D. Fernández, 2014: Áreas Marinas Protegidas: contexto español y el caso de «Os Miñarzos». *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales,* n.º 15, pp. 30-54.

Caballero, A., A. Pascual, G. Dibarboure y M. Espino, 2008: Sea level and eddy kinetic energy variability in the Bay of Biscay, inferred from satellite altimeter data. *Journal of Marine Systems,* 72:116-134.

Cai, W., A. Santoso, G. Wang, S.-W. Yeh, S.-I. An, K.M. Cobb, M. Collins *et ál.,* 2015: ENSO and greenhouse warming. *Nature Climate Change,* 5: 849-859. Disponible en: https://yonsei.pure.elsevier.com/en/publications/enso-and-greenhouse-warming

Calvo, E., R. Sim., R. Coma, M. Ribes, J. Pascual, A. Sabatés, J.M. Gili y C. Pelejero, 2011: Effects of climate change on Mediterranean marine ecosystems: the case of the Catalan Sea. *Climate Research,* 50, 1-29.

Carman, M. y V. Gonzales, 2016: La fragilidad de las especies: tensiones entre biólogos y pescadores artesanales en torno a la conservación marina. *Etnográfica,* vol. 20 (2): 411-438. Disponible en: https://journals.openedition.org/etnografica/4333

Castro, C.G., X.A. Álvarez-Salgado, E. Nogueira, J. Gago, F. Pérez, A. Bode *et ál.,* 2009: Evidencias bioxeoquímicas do cambio climático. En: *Evidencias e Impactos do Cambio Climático en Galicia* [Xunta de Galicia (ed.)], pp. 303-326.

CEPAL, 2015: *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe. Dinámicas, tendencias y variabilidad climática. Comisión Económica para América Latina y el Caribe,* 265 pp.

Chávez, F., A. Bertrand, R. Guevara-Carrasco, P. Soler y J. Csirke, 2008: The northern Humboldt Current System: brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography,* 79(2-4): 95-105. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/234338108_The_northern_Humboldt_Current_System_Brief_history_present_status_and_a_view_towards_the_future

Cheung, W.W.L., V.W.Y. Lam, J.L. Sarmiento, K. Kearney, R. Watson, D. Zeller y D. Pauly, 2010: Large-scale redistribution of maximum fisheries catch potential in the global ocean under climate change. *Global Change Biology,* 16: 24-35.

Cheung, W., J. Bruggeman y M. Butenschön, 2018: Projected changes in global and national potential marine fisheries catch under climate change scenarios in the twenty-first century. En: *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* [Barange, M., T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.)]. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper n.º 627. Rome, FAO, 628 pp.

Cheung, W.W., G. Reygondeau y T.L. Frölicher, 2016: Large benefits to marine fisheries of meeting the 1.5 C global warming target. *Science,* American Association for the Advancement of Science, 354, 1591-1594.

Christensen, V., S. De la Puente, J.C. Sueiro, J. Steenbeek y P. Majluf, 2014: Valuing seafood: The Peruvian fisheries sector. *Marine Policy,* vol. 44, 302-311.

Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield *et ál.,* 2013: Sea level change. En: *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)], pp. 1137-216. Cambridge, UK y New York, USA, Cambridge University Press. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf

Chust, G., Á. Borja, A. Caballero, X. Irigoien, J. Sáenz, R. Moncho y V. Valencia, 2011: Climate change impacts on coastal and pelagic environments in the southeastern Bay of Biscay. *Climate Research,* 48(2-3), 307-332.

CIESM, 2019: *CIESM Atlas of Exotic Species in the Mediterranean.* The Mediterranean Science Commission. Sitio web consultado el 27 de octubre de 2019, http://www.ciesm.org/online/atlas/intro.htm

Cochrane, K., C. De Young, D. Soto y T. Bahri (eds.), 2012: *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos.* FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura n.º 530. Roma, FAO, 237 pp.

Colloca, F., M. Cardinale, F. Maynou, M. Giannoulaki, G. Scarcella, K. Jenko, J.M. Bellido y F. Fiorentino, 2013: Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish and Fisheries,* 14, 89-109.

Company, J., P. Puig, F. Sardà, A. Palanques, M. Latasa y R. Scharek, 2008: Climate influence on deep sea populations. *Plos One,* 3(1).

Cooley, S.R. y S.C. Domey, 2009: Anticipating ocean acidification's economic consequences for commercial fisheries. *Environ. Res. Lett.,* 4: 024007, DOI: 10.1088/1748-9326/4/2/024007

Costoya, X., M. de Castro, M. Gómez-Gesteira y F. Santo, 2015: Changes in sea surface temperature seasonality in the Bay of Biscay over the last decades (1982-2014). *Journal of Marine Systems,* 150:91-101.

D'Onofrio, E.E., M.M. Fiore y J.L. Pousa, 2008: Changes in the regime of storm surges at Buenos Aires, Argentina. *Journal of Coastal Research,* 24(1A): 260-265. Disponible en: https://www.jstor.org/stable/30133742?seq=1

Da Rocha, J.M., M.J. Gutiérrez y S. Villasante, 2014: Global Warming under Stock Growth Uncertainty: The European Sardine Fishery. *Regional Environmental Change,* 14 (1): 195-205.

Dabbadie, L., J. Aguilar-Manjarrez, M. Beveridge, P. Bueno, L. Ross y D. Soto, 2018: Effects of climate change on aquaculture: drivers, impacts and policies. En: *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options,* Capítulo 20 [Barange, M., T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.)]. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper n.º 627. Rome, FAO, 628 pp.

Daw, T., W.N. Adger, K. Brown y M.-C. Badjeck, 2009: El cambio climático y la pesca de captura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. En: *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos* [Cochrane, K., C. De Young, D. Soto y T. Bahri (eds.)]. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura n.º 530. Roma, FAO, pp. 119-168.

Defeo, O., M. Castrejón, L. Ortega, A.M. Kuhn, N.L. Gutiérrez y J.C. Castilla, 2013: Impacts of climate variability on Latin American small-scale fisheries. *Ecology and Society,* 18(4): art:30. Disponible en: http://dx.doi.org/10.5751/ES-05971-180430

Defeo, O., I. Gianelli, G. Martínez, L. Ortega, E. Celentano, D. Lercari y A. de la Rosa, 2018: Natural, social and governance responses of a small-scale fishery to mass mortalities: the yellow clam Mesodesma mactroides in Uruguay. En: *Global change in marine systems: societal and governing Responses,* Capítulo 17 [Guillotreau, P., A. Bundy y R.I. Perry (eds.)]. New York, Routledge Studies in Environment, Culture, and Society Series.

De Silva, S.S. y D. Soto, 2009: Climate change and aquaculture: potential impacts, adaptation and mitigation. En: *Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture: Overview of Current Scientific Knowledge* [Cochrane, K., C. De Young, D. Soto y T. Bahri (eds.)]. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) Fisheries and Aquaculture Technical Paper n.º 530, FAO, Rome, Italy, pp. 151-212.

DIREPRO, 2015: *Diagnóstico de la acuicultura marina en la Región Piura.* Informe de Consultoría. Dirección Regional de la Producción – Piura, 77 pp.

Eakin, C.M., J.A. Morgan, S.F. Heron, T.B. Smith, G. Liu, L. Alvarez-Filip, B. Baca *et ál.,* 2010: Caribbean corals in crisis: record termal stress, bleaching, and mortality in 2005. *Plos One,* 5(11): e13969 (*on-line*). Citado el 26 de marzo de 2018, https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0013969

Edwards, M. y A.J. Richardson, 2004: Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature,* 430, 881-884, DOI: 10.1038/nature02808

Emdad Haque, C., C. Julián Idrobo, F. Berkes y D. Giesbrecht, 2015: Small-scale fishers adaptations to change: the role of formal and informal credit in Paraty, Brazil. *Marine Policy,* 51: 401-407. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X14002644

FAO, 2014: *Contribución de la pesca y la acuicultura a la seguridad alimentaria y el ingreso familiar en Centroamérica.* Panamá, 91 pp.

FAO, 2015: *Directrices voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza.* Roma, 23 pp. Disponible en: www.fao.org/3/a-i4356s/index.html

FAO, 2017: *Comienza proyecto que apoyará adaptación al cambio climático de la pesca y acuicultura en Chile.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Sitio web consultado el 18 de abril de 2019, http://www.fao.org/chile/noticias/detail-events/en/c/892912/

FAO, 2018: *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, 233 pp.

FAOSTAT, 2019: *Estadísticas sobre alimentación y agricultura.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Sitio web consultado el 5 de febrero de 2019, http://www.fao.org/faostat/es/#data

FishstatJ, 2019: *Estadísticas de Pesca y Acuicultura.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Sitio web consultado el 15 de enero de 2019, http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en

Fiedler, P.C. y M.F. Lavín, 2017: Oceanographic conditions of the Eastern tropical Pacific. En: *Coral reefs of the eastern tropical Pacific* [Glynn, P., D. Manzello e I. Enochs (eds.)], pp. 59-83. Springer. Dordrecht, Netherlands. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_3

Flecha, S., F.F. Pérez, J. García-Lafuente, S. Sammartino, A.F. Ríos y E. Huertas, 2015: Trends of pH decrease in the Mediterranean Sea through high frequency observational data: indication of ocean acidification in the basin. *Scientific Reports,* 5:16770.

Flores, J., J. Tam, T. Brochie, F. Colas, L. Pecquerie, A. Aguirre A., J. Mendo y C. Lett, 2018: Larval supply of Peruvian scallop to the marine reserve of Lobos de Tierra Island: a modelling approach. *J. Sea. Research,* 142-155.

Fogarty, H.E., M.T. Burrows, G.T. Pecl, L.M. Robinson y E.S. Poloczanska, 2017: Are fish outside their usual ranges early indicators of climate-driven range shifts? *Global Change Biology,* 23(5): 2047-2057. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28122146

Franks, J.S., D.R. Johnson y D.S. Ko, 2016: Pelagic sargassum in the tropical North Atlantic. *Gulf and Caribbean Research,* 27: SC6-SC11. Disponible en: https://doi.org/10.18785/gcr.2701.08

Frangoudes, K., B. Marugán-Pintos y J.J. Pascual-Fernández, 2013: Gender in Galician Shell-Fisheries: Transforming for Governability. En: *Governability of Fisheries and Aquaculture: Theory and Applications* [Bavinck, M., R. Chuenpagdee, S. Jentoft y J. Kooiman (eds.)]. Springer, Dordrecht, pp 241-261.

Francini-Filho, R.B., R.L. Moura, F.L. Thompson, R.M. Reis, L. Kaufman, R.K.P. Kikuchi y Z.M.A.N. Leão, 2008: Diseases leading to accelerated decline of reef corals in the largest South Atlantic reef complex (Abrolhos Bank, eastern Brazil). *Marine Pollution Bulletin,* 56: 1008-1014. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.02.013

Free, C.M., J.T. Thorson, M.L. Pinsky, K.L. Oken, J. Wiedenmann y O.P. Jensen, 2019: Impacts of historical warming on marine fisheries production. *Science,* 363, 979-983.

FVSA, 2013: *Aportes para abordar la adaptación al Cambio Climático en la Bahía de Samborombón.* Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Buenos Aires, Argentina, 257 pp.

García, D.C. y R. Perlado, 2014: *Impactos del Cambio Climático sobre la Acuicultura en España.* Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura.

Gasalla, M.A., P.R. Abdallah y D. Lemos, 2017: Potential impacts of climate change in Brazilian marine fisheries and aquaculture. En: *Climate change impacts on fisheries and aquaculture: a global analysis* [Phillips, B.F. y M. Pérez-Ramírez (eds.)], pp. 455-470. John Wiley & Sons Ltd.

Genner, M.J., D.W. Sims, A.J. Southward, G.C. Budd, P. Masterson, M. McHugh, P. Rendle, E.J. Southall, V.J. Wearmouth y S.J. Hawkins, 2010: Body size dependent responses of a marine fish assemblage to climate change and fishing over a century-long scale. *Global Change Biology,* 16(2), 517-527.

Gledhill, D.K., R. Wanninkhof, F.J. Millero y M. Eakin, 2008: Ocean acidification of the Greater Caribbean Region 1996-2006. *Journal of Geophysical Research,* 113: C10031. Disponible en: https://doi.org/10.1029/2007JC004629

GlobalAgRisk, 2013. First-Ever "Forecast Insurance" Offered for Extreme El Niño in Peru. Sitio Web Consultado el 04 de junio 2020. http://globalagrisk.com/Pubs/2013%20Press%20Release_First_Ever%20_Forecast%20Insurance%20Peru.pdf

Gomis, D., S. Ruiz, M.G. Sotillo, E. Álvarez-Fanjul y J. Terradas, 2008: Low frequency Mediterranean sea level variability: The contribution of atmospheric pressure and wind. *Global and Planetary Change,* 63(2-3): 215-229. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.06.005

Gonzales, E., R. Norambuena, R. Molina y F. Thomas, 2013: Evaluación de potenciales impactos y reducción de la vulnerabilidad de la acuicultura al cambio climático en Chile – Estudio de caso acuicultura Chile. En: *Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina: Potenciales impactos y desafíos para la adaptación* [Soto, D. y R. Quiñones (eds.)]. Taller FAO/Centro de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sur Oriental (COPAS), Universidad de Concepción, Concepción, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura n.º 29. Roma, FAO, 335 pp.

González-Pola, C., A. Lavín, G. Díaz del Rio, J.M. Cabanas, M. Ruiz-Villarreal *et ál.,* 2012: Hidrografía y circulación. En: *Cambio climático y oceanográfico en el Atlántico del norte de España* [Bode, A., A. Lavín y L. Valdés (eds.)]. Colección Temas de Oceanografía, Instituto Español de Oceanografía, 5, 69-98.

Gutiérrez, D., I. Bouloubassi, A. Sifeddine, S. Purca, K. Goubanova, M. Graco, D. Field, L. Méjanelle, F. Velazco, A. Lorre, R. Salvatteci, D. Quispe, G. Vargas, B. Dewitte y L. Ortlieb, 2011: Coastal cooling and increased productivity in the main upwelling cell off Peru since the mid-twentieth century. *Geophysical Research Letters,* 38, L07603-1–L07603-6, DOI: http://dx.doi.org/10.1029/2010GL046324

Gutiérrez, D., M. Akester y L. Naranjo, 2016: Productivity and Sustainable Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem under Climate Change. Environmental Development. *Environment,* 17: 126-144.

Gutiérrez, D., J. Tam, B.G. Reguero, J. Ramos Castillejos, R. Oliveros, A. Chamorro, M. Gévaudan, D. Espinoza, F. Colas, V. Echevin, D. Correa, N. Domínguez, R. Zavala, N. Gonzales, J. Ramos Flores, D. Grados y C.Y. Romero, 2019: Fortalecimiento del conocimiento actual sobre los impactos del cambio climático en la pesquería peruana. En: *Avances del Perú en la adaptación al cambio climático del sector pesquero y del ecosistema marino-costero* [Zavala, R. *et ál.* (eds.)]. Monografía del BID, Serie IDB-MG-679, Lima, 124 pp.

Helleman, S. y N. Rabalais, 2009: Gulf of Mexico: LME n.º 5. En: *The UNEP Large marine ecosystem report: A perspective on changing conditions in LMEs of the world's regional seas* [Sherman, K. y G. Hempel (eds.)]. UNEP Regional Seas Report and Studies n.º 182, 15 pp. Nairobi, United Nations Environment Programme.

Hidalgo, M., V. Mihneva, M. Vasconcellos y M. Bernal, 2018: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Mediterranean Sea and the Black Sea marine fisheries. En: *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* [Barange, M., T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.)]. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper n.º 627. Roma, FAO, 628 pp.

Hoegh-Guldberg, O. y J.F. Bruno, 2010: The Impact of Climate Change on the World's Marine Ecosystems. *Science,* 328, 1523-1528, https://doi.org/10.1126/science.1189930

Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J. Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren y G. Zhou, 2018: Impacts of 1.5 ºC Global Warming on Natural and Human Systems. En: *Global Warming of 1.5 ºC. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. P.an, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. En prensa.

Hoegh-Guldberg, O., R. Cai, E.S. Poloczanska, P.G. Brewer, S. Sundby, K. Hilmi, V.J. Fabry y S. Jung, 2014: The Ocean. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1655-1731.

Hsieh, C.H., C.S. Reiss, J.R. Hunter, J.R. Beddington, R.M. May y G. Sugihara, 2006: Fishing elevates variability in the abundance of exploited species. *Nature* (London), 443: 859-862.

Hughes, T.P., M.J. Rodrigues, D.R. Bellwood, D. Ceccarelli, O. Hoegh-Guldberg, L. McCook, N. Moltschaniwskyj, M.S. Pratchett, R.S. Steneck y B. Willis, 2007: Phase shifts, herbivory, and the resilience of coral reefs to climate change. *Current Biology,* 17(4): 360-365. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17291763

Hutchings, J.A., 2000: Collapse and recovery of marine fishes. *Nature,* 406: 882-885.

INIDEP, 2019: *Avanza el informe sobre los efectos del cambio climático en el Mar Argentino y sus recursos pesqueros.* Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Sitio web consultado el 20 de octubre de 2019, https://www.inidep.edu.ar/component/k2/545-avanza-el-informe-sobre-los-efectos-del-cambio-climatico-en-el-mar-argentino-y-sus-recursos-pesqueros.html

IPBES, 2019. *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.* S. Díaz, J. Settele, E.S. Brondízio E.S., H.T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K.A. Brauman, S.H.M. Butchart, K.M.A. Chan, L.A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S.M. Subramanian, G.F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y.J. Shin, I.J. Visseren-Hamakers, K.J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages. https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579

IPCC, 2013: Resumen para responsables de políticas. En: *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, USA.

IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 pp. (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. En: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to thethreat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. P.rtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. En: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Pörtner, H.-O., D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)]. En prensa.

Jahncke, J., D.M. Checkley y G.L Hunt, 2004: Trends in carbon flux to seabirds in the Peruvian upwelling system: effects of wind and fisheries on population regulation. *Fisheries Oceanography,* 13: 208-223.

Jennerjahn, T.C., E. Gilman, K.W. Krauss, L.D. Lacerda, I. Nordhaus y E. Wolanski, 2017: Mangrove ecosystems under climate change. En: *Mangrove ecosystems: a global biogeographic perspective* [Rivera-Monroy, V.H., S.Y. Lee, E. Kristensen y R.R. Twilley (eds)]. pp. 211-244. Cham, Springer International Publishing. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-62206-4_7

JGM Argentina, 2017: *Área Marina Protegida Namuncurá – Banco Burdwood. Contribuciones para la Línea de Base y el Plan de Manejo* [Falabella, V. (ed.)]. Presidencia de la Nación-Jefatura de Gabinete de Ministros; Buenos Aires, Argentina, 76 pp.

Jordà, G., Marbà, N. y C.M. Duarte, 2012: Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming. *Nature Climate Change Letters,* DOI: 10.1038/NCLIMATE1533

Kalikoski, D.C., S. Jentoft, A. Charles, D. Salazar Herrera, K. Cook, C. Béné y E.H. Allison, 2018: Understanding the impacts of climate change for fisheries and aquaculture: applying a poverty lens. En: *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* [Barange, M., T. Bahri, M. Beveridge, K. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.)]. Documento técnico de pesca y acuicultura de la FAO n.º 627. Roma, FAO, 628 pp.

Kersting, D.K., N. Bensoussan y C. Linares, 2013: Long-Term Responses of the Endemic Reef-Builder Cladocora caespitosa to Mediterranean Warming. *Plos One,* 8: e70820.

Kersting, D.K., 2016: *Cambio climático en el medio marino español: impactos, vulnerabilidad y adaptación.* Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 166 pp.

Kifani, S., E. Quansah, H. Masski, R. Houssa y K. Hilmi, 2018: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Eastern Central Atlantic marine fisheries. En: *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* [Barange, M. T. Bahri, M. Beveridge, K. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.)]. Documento técnico de pesca y acuicultura de la FAO n.º 627. Roma, FAO, 628 pp.

Kluger, L., M.H. Taylor, M. Wolff, W. Stotz y J. Mendo, 2018: From an open-access fishery to a regulated aquaculture business: the case of the most important Latin American bay scallop (*Argopecten purpuratus*). *Reviews in Aquaculture* 0, 1-17.

Kovats, R.S., R. Valentini, L.M. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell y J.-F. Soussana, 2014: Europe. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1267-1326.

Lacoue-Labarthe, T., P.A.L.D. Nunes, P. Ziveri, M. Cinar, F. Gazeau, J.M. Hall-Spencer, N. Hilmi *et ál.,* 2016: Impacts of ocean acidification in a warming Mediterranean Sea: an overview. *Regional Studies in Marine Science,* 5: 1-11. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.rsma.2015.12.005

Lam, V.W.Y., W.W.L. Cheung, G. Reygondeau y U.R. Sumaila, 2016: Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports,* 6: art:32607 (*on-line*). Citado el 24 de abril de 2018, https://doi.org/10.1038/srep32607

León-Muñoz, J., M. Urbina, J. Iriarte y R. Garreaud, 2018: Hydroclimatic conditions trigger record harmful algal bloom in western Patagonia (verano de 2016). *Scientific Reports,* 8 (1330): 1-10.

Leorri, E., B.P. Horton y A. Cearreta, 2008: Development of a foraminiferabased transfer function in the Basque marshes, N. Spain: Implications for sea-level studies in the Bay of Biscay. *Marine Geology,* 251:60-74.

Lima, F.P. y D.S. Wethey, 2012: Three decades of high-resolution coastal sea surface temperatures reveal more than warming. *Nature Communications,* 3: art.704 (online). Citado el 4 de marzo de 2018, https://doi.org/10.1038/ncomms1713

Lionello, P. y A. Sanna, 2008: Mediterranean wave climate variability and its links with NAO and Indian Monsoon. *Climate Dynamics,* 25:611-623.

Lleonart, J. y F. Maynou, 2003: Fish stock assessments in the Mediterranean: state of the art. *Scientia Marina,* 67, 37-49.

Lloret, J., J. Lleonart, I. Sole y J.M. Fromentin, 2001: Fluctuations of landings and environmental conditions in the northwestern Mediterranean Sea. *Fisheries and Oceanography,* 10, 33-50.

Lloret, J., I. Palomera, J. Salat e I. Sol., 2004: Impact of fresh-water input and wind on landings of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in shelf waters surrounding the Ebro River delta (northwestern Mediterranean). *Fisheries and Oceanography,* 13, 102-110.

Lluch-Cota, S.E., M. Tripp-Valdéz, D.B. Lluch-Cota, D. Lluch-Belda, J. Verbesselt, H. Herrera-Cervantes y J. Bautista-Romero, 2013: Recent trends in sea surface temperature off Mexico. *Atmósfera,* 26(4): 537-546. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362013000400008

Lluch-Cota, S., F. Arreguín-Sánchez, C.J. Salvadeo y P. Del Monte Luna, 2018: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Northeast Tropical Pacific marine fisheries. En *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* [Barange, M., T. Bahri, M. Beveridge, K. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds)]. Documento técnico de pesca y acuicultura de la FAO n.º 627. Roma, FAO. 628 pp.

Losada, I.J., B.G. Reguero, F.J. Méndez, S. Castanedo, A.J. Abascal y R. Mínguez, 2013: Long-term changes in sea-level components in Latin America and the Caribbean. *Global and Planetary Change,* 104: 34-50. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818113000337?via%3Dihub

Macho, G., B. Nieto, S. Villasante, I. Naya, J. Freire, E. Abella, J.M. Parada, A. Simón, A. García-Allut, R. Arnaiz, E. Vázquez, J.M. da Rocha, J.A. de Santiago, A. Parma, J. Lobo Orensanz y J. Molares, 2014: *The times they are a-changin: the radical and successful transformations of the Galician (NW Spain) artisanal shellfisheries.* World Fisheries Congress on Small-Scale Fisheries, Thailand, 2014.

MAGFOR, 2013: *Plan de Adaptación a la variabilidad y el Cambio Climático en el Sector Agropecuario, Forestal y Pesca en Nicaragua.* Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua, 131 pp.

Magrin, G., 2015: *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe.* Santiago de Chile: CEPAL Unión Europea, 80 pp.

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

Marbà, N., G. Jord., S. Agusti, C. Girard y C.M. Duarte, 2015: Footprints of climate change on Mediterranean Sea biota. *Frontiers in Marine Science,* 2: 56, DOI: 10.3389/fmars.2015.00056

Marcos, M., D. Gomis, S. Monserrat, E. Álvarez-Fanjul, B. Pérez y J. García-Lafuente, 2005: Consistency of long sea-level time series in the northern coast of Spain. *Journal of Geophysical Research-Oceans,* 110: C03008.

Martín, P., F. Maynou, L. Recasens y A. Sabatés, 2016: Cyclic fluctuations of blue whiting (Micromesistius poutassou) linked to open-sea convection processes in the northwestern Mediterranean. *Fisheries Oceanography,* 25(3), 2290cean.

Massutí, E., S. Monserrat, P. Oliver, J. Moranta, J.L. López-Jurado, M. Marcos, J.M. Hidalgo, B. Guijarro, A. Carbonell y P. Pereda, 2008: The influence of oceanographic scenarios on the population dynamics of demersal resources in the western Mediterranean: hypothesis for hake and red shrimp off Balearic Islands. *Journal of Marine Systems,* 71, 421-438.

Massutí, E., M. Valls y F. Ordines, 2010: Changes in the western Mediterranean ichthyofauna: signs of tropicalization and meridianization. En: *Fish Invasions of the Mediterranean Sea: Change and Renewal* [Golani, D. y B. Appelbaum-Golani (eds.)]. Sofia-Moscow: Pensoft Publishers, pp. 293-312.

Massut, E., M.P. Olivar, S. Monserrat, L. Rueda y P. Oliver, 2014: Towards understanding the influence of environmental conditions on demersal resources and ecosystems in the western Mediterranean: Motivations, aims and methods of the IDEADOS project. *Journal of Marine Systems,* 138: 3-19.

Maynou, F., 2008a: Environmental causes of the fluctuations of red shrimp (*Aristeus antennatus*) landings in the Catalan Sea. *Journal of Marine Systems,* 71, 294-302.

Maynou, F., 2008b: Influence of the North Atlantic Oscillation on Mediterranean deep-sea shrimp landings. *Climate Research,* 36, 253-257.

McCarthy, N., P. Winters, A.M. Linares y T. Essam, 2012: *Indicators to Assess the Effectiveness of Climate Change Projects.* The Inter-American Development Bank Technical Notes, 37 pp.

Mendo, J., M. Wolff, T. Mendo y L. Ysla, 2016: Scallop fishery and culture in Peru. En: *Scallops – Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries* [Shumway, S.E. y J. Parsons (eds.)], 3.ª ed., pp. 1089-1109. Elsevier Science, Oxford.

Mendo, J., W. Wolff, W. Carbajal, I. Gonzales y M. Badjeck, 2008: Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa peruana. En: *Estado*

actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina [Lovatelli, A., A. Farias e I. Uriarte (eds.)], pp. 101-114. Taller Técnico Regional de la FAO, 20-24 de agosto de 2007. Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura, n.º 12. Roma, FAO.

Miller, K., A. Charles, M. Barange, K. Brander, V.F. Galluccie, M.A. Gasalla, A. Khan *et ál.,* 2010: Climate change, uncertainty, and resilient fisheries: institutional responses through integrative science. *Progress in Oceanography,* 87(1-4): 338-346. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.09.014

Modica, L., F. Velasco, I. Preciado, M. Soto y S.P. Greenstreet, 2014: Development of the large fish indicator and associated target for a Northeast Atlantic fish community. *ICES Journal of Marine Science,* 71, 2403-2415.

Monnereau, I., R. Mahon, P. McConney, L. Nurse, R. Turner y H. Vallès, 2017: The impact of methodological choices on the outcome of national-level climate change vulnerability assessments: An example from the global fisheries sector. *Fish and Fisheries,* 18(4): 717-731. Disponible en: https://doi.org/10.1111/faf.12199

Morales-Nin, B., J. Moranta, C. García, M.P. Tugores, A.M. Grau, F. Riera y M. Cerd, 2005: The recreational fishery off Majorca Island (western Mediterranean): some implications for coastal resource management. *ICES Journal of Marine Science,* 62, 727-739.

Morales-Nin, B., J. Moranta, C. García y P. Tugores, 2007: Evaluation of the Importance of Recreational Fisheries on a Mediterranean Island. *American Fisheries Society Symposium,* 49, 587-592.

Morales-Nin, B., F. Cardona-Pons, F. Maynou y A.M. Grau, 2015: How relevant are recreational fisheries? Motivation and activity of resident and tourist anglers in Majorca. *Fisheries Research,* 164, 45-49.

Moranta, J., M. Palmer, G. Morey y A. Ruiz-Fra, 2006: Multi-scale spatial variability in fish assemblages associated with Posidonia oceánica meadows in the Western Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science,* 68(3-4), 579-592.

Murakami, H., R. Mizuta y E. Shindo, 2012: Future changes in tropical cyclone activity projected by multi-physics and multi-SST ensemble experiments using the 60-km-mesh MRI-AGCM. *Climate Dynamics,* 39: 2569-2584. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-011-1223-x

Myers, R.A., J.K. Baum, T.D. Shepherd, S.P. Powers y C.H. Peterson, 2007: Cascading Effects of the Loss of Apex Predatory Sharks from a Coastal Ocean. *Science,* vol. 315, Issue 5820, pp. 1846-1850. DOI: 10.1126/science.1138657

Nagy, G.J., M. Bidegain, R.M. Caffera, W. Norbis, A. Ponce, V. Pshennikov y D.N. Severov, 2008: Fishing strategies for managing climate variability and change in the estuarine front of the Rio de la Plata. En: *Climate change and adaptation* [Leary, N., J. Adejuwon, V. Barros, I. Burton, J. Kulkarni y R. Lasco (eds.)], pp. 353-370. Sterling, VA, USA, Earthscan.

Narita, D., K. Rehdanz y R.S.J. Tol, 2012: Economic costs of ocean acidification: a look into the impacts on global shellfish production. *Clim. Change,* 113, 1049-1063, DOI: 10.1007/s10584-011-0383-3

Newman, S.P., E.H. Meesters, C.S. Dryden, S.M. Williams, C. Sanchez, P.J. Mumby y N.V.C. Polunin, 2015: Reef flattening effects on total richness and species responses in the Caribbean. *Journal of Animal Ecology,* 84(6): 1678-1689. Disponible en: https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2656.12429

Nurse, L.A., R.F. McLean, J. Agard, L. Briguglio, V. Duvat-Magnan, N. Pelesikoti, E. Tompkins y A. Webb, 2014: Small islands. En: *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee *et ál.* (eds.)]. Cambridge, UK y New York, Cambridge University Press, pp. 1613-1654. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap29_FINAL.pdf

Nurse, L.A. y J.L. Charlery, 2016: Projected SST trends across the Caribbean Sea based on PRECIS downscaling of ECHAM4, under the SRES A2 and B2 scenarios. *Theoretical and Applied Climatology,* 123(1): 199-215. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00704-014-1346-1

Oerder, V., F. Colas, V. Echevin, F. Codron, J. Tam y A. Belmadani, 2015: Peru-Chile upwelling dynamics under climate change. *Journal of Geophysical Research,* 120(2): 1152-1172. Disponible en: https://doi.org/10.1002/2014JC010299

Oliveros-Ramos, R., S. Yunne-Jai, D. Espinoza-Morriberón, P. Verley, V. Echevin, J. Tam y D. Gutierrez, 2017: *Peruvian anchoveta bioclimatic and population projections under CMIP5 scenarios.* Workshop on regional climate change scenarios for Peru upwelling and anchovy. Lima, 15-17 de noviembre de 2017.

OPYPA, 2017: Talleres de adaptación al cambio climático en escuelas agrarias de Uruguay. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Sitio web consultado el 20 de octubre de 2019, https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/se-realizaron-talleres-adaptacion-cambio-climatico-escuelas-agrarias-uruguay

Ottersen, G., D.O. Hjermann y N.C. Stenseth. 2006: Changes in spawning stock structure strengthen the link between climate and recruitment in a heavily fished cod (*Gadus morhua*) stock. *Fisheries Oceanography,* 15(3), 230-243.

Oxenford, H.A. e I. Monnereau, 2017: Impacts of climate change on fish and shellfish in the coastal and marine environments of Caribbean Small Island Developing States (SIDS). *Commonwealth Marine Economies Programme: Caribbean marine climate change report card: science review,* 2017: 83-114. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/605075/8._Fish_and_Shellfish.pdf

Oxenford, H.A. e I. Monnereau, 2018: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Western Central Atlantic marine fisheries, Capítulo 9, pp. 147-168. En: *Impacts of Climate Change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* [Barange, M., T. Bahri, M. Beveridge, K. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.)]. FAO Fisheries Technical Paper 627.

Palanisamy, H., M. Becker, B. Meyssignac, O. Henry y A. Cazenave, 2012: Regional sea level change and variability in the Caribbean Sea since 1950. *Journal of Geodetic Science,* 2(2): 125-123. Disponible en: https://doi.org/10.2478/v10156-011-0029-4

Palomera, I., M.P. Olivar, J. Salat, A. Sabatés, M. Coll, A. García y B. Morales-Nin, 2007: Small pelagic fish in the NW Mediterranean Sea: an ecological review. *Progress in Oceanography,* 74, 377-396.

PNA-Agro, 2019: *Plan Nacional de Adaptación a la Variabilidad y el Cambio Climático para el Sector Agropecuario.* Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. República de Uruguay, 128 pp.

PANAyCC, 2019: *Plan de Acción Nacional de Agro y Cambio Climático.* Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. Gabinete Nacional de Cambio Climático. Versión preliminar, 120 pp.

Parada, J.M., J. Molares y X. Otero, 2012: *Estuaries and Coasts*, 35: 132-142.

Pascual, J., J. Salat y M. Palau, 1995: Evolución de la temperatura del mar entre 1973 y 1994 cerca de la costa catalana. En: *Proceedings of the international Colloquium «The Mediterranean Sea in the 21st century: Who for?»*. Montpellier.

Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaarrd, R. Froese y F. Torres, 1998: Fishing down marine food webs. *Science,* 278: 860-863.

Pauly, D. y D. Zeller, 2014: *Global Atlas of Marine Fisheries: A Critical Appraisal of Catches and Ecosystem Impacts.* Island Press, 520 pp.

Payne, M.R., 2013. Fisheries: Climate change at the dinner table. *Nature,* 497(7449), 320.

Perry, A., P. Low, J. Ellis y J. Reynolds, 2005: Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science,* 308, 1912-1915.

Perry, R.I., R.E. Ommer, M. Barange y F. Werner, 2010: The challenge of adapting marine social-ecological systems to the additional stress of climate change. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 2(5-6): 356-363. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.10.004

Petitgas, P., S. Magri y P. Lazure, 2006: One-dimensional biophysical modelling of fish egg vertical distributions in shelf seas. *Fisheries Oceanography,* 15: 413-428.

Phillips, B.F. y M. Perez-Ramirez (eds.), 2017: *Climate change impacts on fisheries and aquaculture: a global analysis.* John Wiley and Sons Inc., 1048 pp.

Poloczanska, E.S., C.J. Brown, W.J. Sydeman, W. Kiessling, D.S. Schoeman, P.J. Moore *et ál.,* 2013: Global imprint of climate change on marine life. *Nat. Clim. Chang.,* 3, 919-925, DOI: 10.1038/nclimate1958

Pita, P., D. Fernández-Márquez, M. Antelo, G. Macho y S. Villasante, 2018: Socioecological changes in data-poor S-fisheries: A hidden shellfisheries crisis in Galicia (NW Spain). *Marine Policy,* DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.09.018

Popova, E., A. Yool, V. Byfield, K. Cochrane, A.C. Coward, S.S. Salim, M.A. Gasalla *et ál.,* 2016: From global to regional and back again: common climate stressors of marine ecosystems relevant for adaptation across five ocean warming hotspots. *Global Change Biology,* 22(6): 2038-2053.

Porter, J.R., L. Xie, A.J. Challinor, K. Cochrane, S.M. Howden, M.M. Iqbal, D.B. Lobell y M.I. Travasso, 2014: Food security and food production systems. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 485-533.

Pörtner, H.O. y M.A. Peck, 2010: Climate change effects on fishes and fisheries: towards a cause-and – effect understanding. *Journal of Fish Biology,* 77: 1745-1779.

Pörtner, H.-O., D.M. Karl, P.W. Boyd, W.W.L. Cheung, S.E. Lluch-Cota, Y. Nojiri, D.N. Schmidt y P.O. Zavialov, 2014: Ocean systems. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 411-484.

Prieto, E., C. González-Pola, A. Lavín y N.P. Holliday, 2015: Interannual variability of the northwestern Iberia deep ocean: Response to largescale North Atlantic forcing. *Journal of Geophysical Research Oceans,* 120, 832-847.

PRODUCE, 2016a: *Diagnóstico del sector pesquero y acuícola frente al cambio climático y lineamientos de adaptación.* Ministerio de la Producción, 21 pp.

PRODUCE, 2016b: *Proyecto Adaptación al Cambio Climático del Sector Pesquero y del Ecosistema Marino - Costero del Perú (PE-G1001/PE-T1197).* Ministerio de la Producción. Dirección General de Sostenibilidad Pesquera. Sitio web consultado el 23 de noviembre de 2017, http://www.produce.gob.pe/documentos/pesca/dgsp/notas-informativas/dgsp-nota-informativa-proyecto.pdf

Punzón, A., A. Serrano, F. Sánchez, F. Velasco, I. Preciado, J.M. González-Irusta y L. López-López, 2016: Response of a temperate demersal fish community to global warming. *Journal of Marine Systems,* 161: 1-10.

Raven, J., K. Caldeira, H. Elderfield, O. Hoegh-Guldberg, P. Liss, U. Riebesell, J. Sheperd, C. Turley y A.J. Watson, 2005: *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide,* vol. 12/05, Policy document. The Royal Society, London.

Reid, K., 2018: Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: Southern Ocean marine fisheries, Capítulo 17. En: *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options* [Barange, M., T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith y F. Poulain (eds.)]. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper n.º 627. Rome, FAO, 628 pp.

Rijnsdorp, A.D., M.A. Peck, G.H. Engelhard, C. Möllmann y J.K. Pinnegar, 2009: Resolving the effect of climate change on fish populations. *ICES Journal of Marine Science,* 66: 1570-1583.

Ríos, A.F., F.F. Pérez y F. Fraga, 2001: Longterm (1977-1997) measurements of carbon dioxide in the Eastern North Atlantic evaluation of anthropogenic input. *Deep-Sea Research II,* 48: 2227-2239.

Romero-Lankao, P., J.B. Smith, D.J. Davidson, N.S. Diffenbaugh, P.L. Kinney, P. Kirshen, P. Kovacs y L. Villers Ruiz, 2014: North America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1439-1498.

Rouyer, T., J.-M. Fromentin, F. Menard, B. Cazelles, K. Briand, R. Pianet, B. Planque *et ál.,* 2008: *Complex interplays among population dynamics, environmental forcing, and exploitation in fisheries.* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 105, pp. 5420-5425.

Sadovy, Y. y W.L. Cheung, 2003: Near extinction of a highly fecund fish: the one that nearly got away. *Fish and Fisheries,* 4, 86-99.

Salat, J. y J. Pascual, 2002: The oceanographic and meteorological station at L'Estartit (NW Mediterranean). En: *CIESM, 2002, Tracking long term hydrological change in the Mediterranean Sea.* CIESM workshop series, n.º 16.

Salat, J. y J. Pascual, 2006: *Principales tendencias climatológicas en el Mediterráneo noroccidental a partir de más de 30 años de observaciones oceanográficas y meteorológicas en la costa catalana.* Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A(5).

Salvatteci, R., D. Field, D. Gutiérrez, T. Baumgartner, V. Ferreira, L. Ortlieb, A. Sifeddine, D. Grados y A. Bertrand, 2018: Multifarious anchovy and sardine regimes in the Humboldt Current System during the last 150 years. *Global Change Biology,* 24(3): 1055-1068.

Sánchez, F. y J. Gil, 2000: Hydrographic mesoscale structures and Poleward Current as adeterminant of hake (*Merlucius merlucius*) recruitment in southern Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science,* 57: 152-170.

Sánchez, L. y O. Reyes, 2015: *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Una visión general. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.* Naciones Unidas. Santiago de Chile. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/S1501265_es.pdf

Santos, A.M.P., A. Peliz, J. Dubert, P.B. Oliveira, P.B., M.M. Angélico y P. Ré, 2004: Impact of a winter upwelling event on the distribution and transport of sardine (*Sardina pilchardus*) eggs and larvae off western Iberia: a retention mechanism. *Continental Shelf Research,* 24(2), 149-165.

Selig, E., K. Kleisner, O. Ahoobim, F. Arocha, A. Cruz-Trinidad, R. Fujita, M. Hara, L. Katz, P. McConney, B. Ratner, L. Saavedra-Díaz, A.-M. Schwarz, D. Thiao, E. Torell, S. Troëng y S. Villasante, 2017: A typology of fisheries management tools: using experience to catalyse greater success. *Fish and Fisheries,* 18(3): 543-570.

Shady, R. y D. Cáceda, 2008: *Áspero, la Ciudad Pesquera de la Civilización Caral. Recuperamos su historia para vincularla con nuestro presente.* Proyecto Especial Arqueológico Caral-Supe. Instituto Nacional de la Cultura, 28 pp.

Shelton, C., 2014: *Climate change adaptation in fisheries and aquaculture – compilation of initial examples.* FAO Fisheries and Aquaculture Circular n.º 1088. Rome, FAO. 34 pp.

Simpson, S.D., S. Jennings, M.P. Johnson, J.L. Blanchard, P.J. Schon, D.W. Sims y M.J. Genner, 2011: Continental shelf-wide response of a fish assemblage to rapid warming of the sea. *Current Biology,* 21(18): 1565-1570. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.08.016

Smetacek, V. y A. Zingone, 2013: Green and golden seaweed tides on the rise. *Nature,* 504: 84-88.

Soares, H.C., D.F.M. Gherardi, L.P. Pezzi, M.T. Kayano y E.T. Paes, 2014: Patterns of interannual climate variability in large marine ecosystems. *Journal of Marine Systems,* 134: 57-68. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2014.03.004

Soto, D. y R. Quiñones, 2013: *Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina: Potenciales impactos y desafíos para la adaptación.* Taller FAO/Centro de Investigaci.n Oceanográfica en el Pacífico Sur Oriental (COPAS), Universidad de Concepción, Concepción, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura n.º 29. Roma, FAO. 335 pp.

Soto, D., J. Leon-Munoz, J. Dresdner, C. Luengo, F.J. Tapia y R. Garreaud, 2019: Salmon farming vulnerability to climate change insouthern Chile: understanding the biophysical, socioeconomic and governance links. *Reviews in Aquaculture,* 11, 354-374.

Stramma, L., E.D. Prince, S. Schmidtko, J. Luo, J.P. Hoolihan, M. Visbeck, D.W.R. Wallace, P. Brandt y A. Körtzinger, 2012: Expansion of oxygen minimum zone may reduce available habitat for tropical pelagic fishes. *Nature Climate Change,* 2: 33-37.

STECF, 2018: *The 2018 Annual Economic Report on the EU Fishing Fleet.* Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF-18-07). Publications Office of the European Union, Luxembour, JRC112940, ISBN: 9789279793905, DOI: 10.2760/56158

Subasinghe, R.P., J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan y P. Sorgeloos, 2012: *Farming the waters for people and food.* En: Global Conference on Aquaculture 2010 (proceedings of the global conference on aquaculture 2010, Phuket, 22-25 de septiembre de 2010). FAO, Rome, Italy y NACA, Bangkok, Thailand.

SUBPESCA, 2015: *Plan de Adaptación al Cambio Climático para Pesca y Acuicultura.* Ministerio de Economía, Chile, 39 pp.

TCN, 2015: *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Argentina). Informe País 2015, 264 pp. Disponible en: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Argnc3.pdf

Tester, P., R.L. Feldman, A.W. Nau, S.R. Kibler y R.W. Litaker, 2010: Ciguatera fish poisoning and sea surface temperatures in the Caribbean Sea and the West Indies. *Toxicon,* 56(5): 698-710. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.02.026

Tunnell, J.W. Jr., 2017: Shellfish of the Gulf of Mexico. En: *Habitats and biota of the Gulf of Mexico: before the Deepwater Horizon Oil Spill, Volume 1: Water quality, sediments, sediment contaminants, oil and gas seeps, coastal habitats, offshore plankton and benthos, and shellfish* [Ward, C.H. (ed.)]. London, Springer Open, pp. 769-839. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3447-8_8

UNIVISION, 2018: *Chile estrena 3 áreas marinas protegidas más grandes que Texas y California juntas.* Planeta. Conservación de especies. Sitio web consultado el 20 de octubre de 2018, https://www.univision.com/noticias/planeta/chile-estrena-3-areas-marinas-protegidas-mas-grandes-que-texas-y-california-juntas

Van Hooidonk, R., J.A. Maynard, Y. Liu y S.-K. Lee, 2015: Downscaled projections of Caribbean coral bleaching that can inform conservation planning. *Global Change Biology,* 21(9): 3389-3401. Disponible en: https://doi.org/10.1111/gcb.12901

Van Tussenbroek, B.I., J. Cortés, R. Collin, A.C. Fonseca, P.M.H. Gayle, H.M. Guzmán, G.E. Jácome *et ál.,* 2014. Caribbean-wide, longterm study of seagrass beds reveals local variations, shifts in community structure and occasional collapse. *Plos One,* 9: e90600 (*on-line*). Citado el 26 de marzo de 2018, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098377

Van Tussenbroek, B.I., H.A. Hernández Arana, R.E. Rodríguez-Martínez, J. Espinoza-Avalos, H.M. Canizales-Flores, C.E. González-Godoy, M.G. Barba-Santos, A. Vega-Zepeda y L. Collado-Vides, 2017: Severe impacts of brown tides caused by *Sargassum spp.* on nearshore Caribbean seagrass communities. *Marine Pollution Bulletin,* 122(1-2): 272-281. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.057

Vargas-Yáñez, M., F. Moya, M.C. García-Martínez, E. Tel, P. Zunino, F. Plaza *et ál.*, 2010: Climate change in the Western Mediterranean Sea 1900-2008. *Journal of Marine Systems,* 82: 171-176.

Vargas-Yáñez, M., F. Moya, M.C. García-Martínez, J. Rey, M. González y P. Zunino, 2009: Relationships between Octopus vulgaris landings and environmental factors in the northern Alboran Sea (Southwestern Mediterranean). *Fisheries Research,* 99, 159-167.

Vergara, W., 2009: *Assessing the Potential Consequences of Climate Destabilization in Latin America.* Latin America and Caribbean Region

sustainable development working paper n.º 32. Washington DC, World Bank Group, 117 pp.

Villamor, B., C. Gonzalez-Pola, A. Lavin, L. Valdés, A.L. De Lanzós, C. Franco y P. Carrera, 2011: Environmental control of Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) recruitment in the southern Bay of Biscay: case study of failure in the year 2000. *Fisheries Oceanography,* 20(5), 397-414.

Villasante, S., G. Macho, J. Giraldez, S. Rivero-Rodríguez, J. Isusu de Rivero, S. Harper, D. Zeller y D. Pauly, 2016: Spain (Northwest). pág. 397. En: *Global Atlas of Marine Fisheries: A critical appraisal of Catches and Ecosystem Impacts* [Pauly, D. y D. Zeller (eds.)]. Island Press, Washington DC.

Villasante, S., G. Macho, N. Calvo, D. Wethey, S. Woodin y E. Vázquez, 2018: Social adaptation to climate change in Galician (NW Spain) shellfisheries. *International Workshop. Interdisciplinary approaches to the study of human and molluscs' interactions: from prehistory to present.* French Museum of Natural History Paris, France, 31 de enero-2 de febrero de 2018.

Vinagre, C., F.D. Santos, H. Cabral y M.J. Costa, 2011: Impact of climate warming upon the fish assemblages of the Portuguese coast under different scenarios. *Regional Environmental Change,* 11, 779-789.

Vögler, R, F. Arreguín-Sánchez, D. Lercari, P. Monte-Luna y D. Calliari, 2015: The effects of long-term climate variability on the trophodynamics of an estuarine ecosystem in southern South America. *Ecological Modelling,* 317: 83-92.

Walther, G.R., 2010: Community and Ecosystem Responses to Recent Climate Change. P*hilosophical Transactions of the Royal Society,* 365, 2019-2024.

Wang, D., T.C. Gouhier, B.A. Menge y A.R. Ganguly, 2015: Intensification and spatial homogenization of coastal upwelling under climate change. *Nature,* 518: 390-394. Disponible en: https://www.nature.com/articles/nature14235

Ward, C.H. y J.W. Jr. Tunnell, 2017: Habitats and biota of the Gulf of Mexico: an overview. En: *Habitats and biota of the Gulf of Mexico: before the Deepwater Horizon oil spill, Volume 1: Water quality, sediments, sediment contaminants, oil and gas seeps, coastal habitats, offshore plankton and benthos, and shellfish* [Ward, C.H. (ed.)]. London, Springer Open, pp. 1-54. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4939-3447-8_1

Ward, R.D., D.A. Friess, R.H. Day y R.A. MacKenzie, 2016: Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health and Sustainability,* 2(4): e01211 (*on-line*). Citado el 28 de marzo de 2018, https://doi.org/10.1002/ehs2.1211

World Bank, FAO & WorldFish Center, 2012: *Hidden Harvest: The Global Contribution of Capture Fisheries.* Informe n.º 66469-GLB. Washington DC, World Bank, 92 pp.

Worm, B., E.B. Barbier, N. Beaumont, J.E. Duffy, C. Folke, B.S. Halpern, J.B.C Jackson *et ál.,* 2006: Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science,* vol. 314, pp. 787-790, https://science.sciencemag.org/content/314/5800/787

Worm, B., R. Hilborn, J.K. Baum, T.A. Branch, J.S. Collie, C. Costello, M.J. Fogarty, E.A. Fulton, J.A. Hutchings, S. Jennings, O.P. Jensen, H.K. Lotze, P.M. Mace, T.R. McClanahan, C. Minto, S.R. Palumbi, A.M. Parma, D. Ricard, A.A. Rosenberg, R. Watson y D. Zeller, 2009: Rebuilding Global Fisheries. *Science,* vol. 325. 46 pp.

Xunta de Galicia, 2018: *Pesca de Galicia. Estatísticas oficiais de pesca.* Sitio web consultado el 12 octubre 2019, www.pescadegalicia.gal

Yáñez, E., N.A. Lagos, R. Norambuena, C. Silva, J. Letelier, K.P. Muck, G. San Martin, S. Benítez, B.R. Broitman, H. Contreras, C. Duarte, S. Gelcich, F.A. Labra, M.A. Lardies, P.H. Manríquez, P.A. Quijón, L. Ramajo, E. González, R. Molina, A. Gómez, L. Soto, A. Montecino, M. Ángela Barbieri, F. Plaza, F. Sánchez, A. Aranis, C. Berna y G. Böhm, 2018: Impacts of Climate Change on Marine Fisheries and Aquaculture in Chile, pp 239-332 En: *Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis* [Phillips, B.F. y M. Pérez-Ramírez (eds.)], vol. I, 1.ª edición, 1048 pp.

Ye, Y. y N.L Gutierrez, 2017: Ending fishery overexploitation by expanding from local successes to globalized solutions. *Nature Ecology & Evolution,* 1. Sitio web consultado el 5 de mayo de 2018, https://doi.org/10.1038/s41559-017-0179

Zavala, R., D. Gutiérrez, R. Morales, A. Grünwaldt, N. Gonzales, J. Tam, C. Rodríguez y S. Bucaram (eds.), 2019: *Avances del Perú en la adaptación al cambio climático del sector pesquero y del ecosistema marino-costero.* Monografía del BID, Serie IDB-MG-679, Lima, 124 pp.

9

Tormentas y huracanes

Germán Poveda (Colombia), Jorge Amador (Costa Rica),
Tercio Ambrizzi (Brasil), Juan Bazo (Perú),
Eduardo Robelo-González (México), José Rubiera (Cuba),
y Sergio M. Vicente-Serrano (España).

Se recomienda citar este texto como:

Poveda, G., J. Amador, T. Ambrizzi, J. Bazo, E. Robelo-González, J. Rubiera y S.M. Vicente-Serrano, 2020: Tormentas y huracanes. *En: Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 347-389, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo ... **349**

9.1. Introducción ... **350**

9.1.1. Marco conceptual ... 350

9.1.2. Principales cifras del sector ... 350

9.1.3. Relación del sector con clima y con cambio climático ... 351

9.1.4. Revisión de informes previos del IPCC y otros relevantes ... 352

9.2. Componentes del riesgo ... **353**

9.2.1. Amenazas ... 353

9.2.1.1. Huracanes en México, América Central y el Caribe ... 353

9.2.1.2. Tormentas en América del Sur ... 354

9.2.1.3. Tormentas en la Península Ibérica ... 355

9.2.2. Exposición y vulnerabilidad ... 355

9.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos ... **357**

9.4. Medidas de adaptación ... **359**

9.4.1. Escala nacional ... 359

9.4.2. Escala subnacional ... 367

9.4.3. Escala local ... 367

9.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... **368**

9.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación ... **371**

9.7. Casos de estudio ... **371**

9.7.1. Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) de México ... 371

9.7.1.1. Resumen del caso ... 371

9.7.1.2. Introducción a la problemática del caso ... 372

9.7.1.3. Descripción del caso ... 373

9.7.1.4. Limitaciones e interacciones ... 373

9.7.1.5. Lecciones identificadas. ... 373

9.7.2. Implementación del Fondo Adaptación en Colombia ... 373

9.7.2.1. Resumen del caso ... 373

9.7.2.2. Introducción a la problemática del caso ... 373

9.7.2.3. Descripción del caso ... 375

9.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 375

9.7.2.5. Lecciones identificadas ... 375

9.7.3. Creación del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN), Brasil ... 375

9.7.3.1. Resumen del caso ... 375

9.7.3.2. Introducción a la problemática del caso ... 376

9.7.3.3. Descripción del caso ... 376

9.7.3.4. Limitaciones e interacciones ... 376

9.7.3.5. Lecciones identificadas ... 377

9.7.4. El Sistema Cubano de Protección Contra Huracanes y Ciclones Tropicales ... 377

9.7.4.1. Resumen del caso ... 377

9.7.4.2. Introducción a la problemática del caso ... 377

9.7.4.3. Descripción del caso ... 378

9.7.4.4. Limitaciones e interacciones ... 378

9.7.4.5. Lecciones identificadas ... 378

9.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias ... **378**

9.9. Conclusiones ... **381**

Preguntas frecuentes ... **381**

Bibliografía ... **382**

Resumen ejecutivo

El cambio climático está causando y con mucha probabilidad causará en el siglo XXI una intensificación de las tormentas intensas y los huracanes, con graves consecuencias sociales, ambientales y económicas en los países RIOCC. El aumento en las temperaturas del aire y del mar está contribuyendo a intensificar los huracanes de mayor categoría, y a una mayor frecuencia, potencia y duración de tormentas extremas, rayos y descargas eléctricas. Por otra parte, la subida del nivel del mar está contribuyendo a destruir infraestructura costera y manglares, y a salinizar los acuíferos costeros, aumentando las condiciones de exposición y la vulnerabilidad socioambiental a los huracanes, ya exacerbadas por la destrucción de arrecifes de coral debido a la acidificación del océano.

La exposición y la vulnerabilidad ante tormentas y huracanes son mayoritariamente altas en la región iberoamericana. Esto se ve reflejado en la carencia de sistemas de alerta temprana robustos contra tormentas y huracanes, el crecimiento de la densidad de población, y el poblamiento y la urbanización desordenada de zonas costeras y de montaña, así como la deforestación. Otros factores que pueden contribuir al incremento de la vulnerabilidad son la marginalidad y la pobreza, la debilidad y descoordinación institucional, una precaria gestión del riesgo, la incultura preventiva y la mala preparación en tareas de rescate, el atraso científico y tecnológico en labores de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico, la falta de capacidades humanas y tecnológicas, y la incultura de aseguramiento contra riesgos.

Los huracanes y tormentas afectan considerablemente a las personas y los bienes y servicios de los que dependen. Los principales riesgos e impactos se refieren al aumento de pérdida de vidas (humanas, animales, bosques y biomas), refugiados climáticos, inundaciones, deslizamientos, avalanchas, destrucción de infraestructura, suspensión de servicios esenciales (agua potable, distribución de alimentos, comunicaciones, electricidad, gas, salud, educación, recolección y disposición de desechos y basuras), contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, aumento de enfermedades (cólera, afecciones gastrointestinales transmitidas por vectores y roedores, accidentes ofídicos y por insectos), pérdida de cosechas agrícolas, hatos ganaderos y animales domésticos, destrucción del patrimonio cultural y malestar social. Otros riesgos se refieren a la pérdida de arrecifes de coral y manglares y destrucción de biodiversidad marina, y, por tanto, pérdida de protección costera, lo cual se retroalimenta con la vulnerabilidad socioambiental de las zonas costeras.

Los impactos del cambio climático ante un aumento de 2,5 °C en América Latina y el Caribe podrían costar entre 1,5 % y 4,3 % del PIB, mientras que los costos de adaptación no superarían el 0,5 % del PIB regional. Esto pone en evidencia la necesidad de implementar los planes de adaptación, que deberán ser coordinados con los compromisos del Marco de Sendai sobre la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030, y con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La revisión crítica de los planes y programas de adaptación ante tormentas y huracanes permite concluir que la región RIOCC exhibe grados muy disímiles de desarrollo e implementación. Algunos muestran progresos en cuanto a su formulación (aunque no necesariamente en su implementación), y muchos otros exhiben grandes carencias y retrasos considerables. Se presentan cuatro casos de estudio de programas y planes de adaptación: (1) el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático de México; (2) la implementación del Fondo Adaptación en Colombia como respuesta a los impactos del fenómeno de La Niña 2010-2011; (3) la creación del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN) en Brasil como respuesta a los impactos de tormentas intensas de enero de 2011 en la región de Río de Janeiro, y (4) el sistema cubano de protección contra huracanes y ciclones tropicales.

Las medidas de adaptación en huracanes comprenden acciones de diversos tipos, esto es, basadas en los ecosistemas (adaptación verde), de infraestructura (adaptación dura) y legales e informativas/formativas (adaptación blanda). Las principales medidas y líneas de acción de adaptación para huracanes incluyen: (i) preservar y restaurar ecosistemas costeros (humedales, dunas, manglares y arrecifes de coral) para disminuir el impacto de las marejadas; (ii) reacondicionar playas y mejorar infraestructura de protección costera; (iii) elevar construcciones y edificios vulnerables para reducir los daños por inundaciones; (iv) diseñar estructuras resistentes a los vientos fuertes y a escombros voladores; (v) promulgar políticas que desalienten el desarrollo en las zonas vulnerables; (vi) prepararse antes de la llegada de una tormenta cubriendo ventanas y limpiando las propiedades de posibles escombros voladores, y (vii) contar con un plan de evacuación.

Las medidas de adaptación válidas para tormentas y huracanes prevén mejoras en la gestión del riesgo tanto preventivas como reactivas, con un apoyo decisivo a la monitorización y pronóstico. Estas medidas incluyen implementar sistemas completos y robustos de alerta tempran

a y de gestión del riesgo, que incluyen: (i) zonificar las áreas expuestas y su grado de susceptibilidad y vulnerabilidad; (ii) tener programas, canales y estrategias de comunicación (anterior y posterior a los eventos) a través de medios masivos de comunicación, redes sociales y redes comunitarias de telefonía celular y de radioaficionados; (iii) apropiar socialmente los planes de evacuación y de atención a refugiados climáticos; (iv) actualizar las actividades de gestión del riesgo local y regional, y mantener simulacros de evacuación; (v) establecer programas permanentes de monitoreo hidrológico y atmosférico; (vi) desplegar redes de radares meteorológicos para el monitoreo continuo de tormentas y huracanes, y (vii) mantener un programa de pronóstico hidrometeorológico de crecidas de ríos, zonas de inundación y deslizamientos.

La mejora de la capacitación y de la prevención por la vía de detener la deforestación y la valoración de sus servicios son otras medidas adaptativas importantes. En concreto, estas medidas incluyen: (1) financiar la formación y capacitación

científica a nivel de posgrado en oceanografía, ciencias de la atmósfera, meteorología, climatología e hidrología; (2) detener la deforestación, así como desarrollar programas de reforestación y de restauración ecológica incluyendo bosques y otros biomas, manglares y arrecifes de coral, y (3) incrementar el acceso al pago por servicios ambientales como un instrumento económico para detener la deforestación y la degradación ambiental.

La adaptación es altamente costoefectiva, y deberá enfrentar los retos de la variabilidad climática y del cambio climático. Por ello, los países RIOCC deben acelerar la investigación científica relevante, asignar los presupuestos adecuados, y llevar a cabo los arreglos institucionales necesarios para implementar las tareas de adaptación.

9.1. Introducción

9.1.1. Marco conceptual

En este capítulo se presentan las principales amenazas naturales asociadas con la ocurrencia de tormentas y huracanes debido al cambio climático. Adicionalmente, se discuten los principales factores de exposición y de vulnerabilidad socioambiental que, en combinación con las amenazas descritas, exacerban los riesgos y los impactos sociales, ambientales, económicos y ecológicos. Se revisan los principales planes y programas de adaptación en los países RIOCC relacionados con tormentas y huracanes, y se presentan en detalle cuatro casos de estudio implementados en México, Colombia, Brasil y Cuba. Además, se tratan las barreras, oportunidades e interacciones de la adaptación, las cuales deberán tener un efecto sinérgico muy favorable para el logro de los compromisos del Marco de Sendai sobre la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Finalmente, se discuten las medidas de adaptación más urgentes y las líneas de actuación prioritarias para minimizar la vulnerabilidad y maximizar la resiliencia socioambiental. La **Figura 9.1** ilustra el marco conceptual del presente capítulo.

9.1.2. Principales cifras del sector

Los dos principales riesgos en términos de probabilidad y de impacto en el mundo son los eventos meteorológicos extremos y el fracaso de la adaptación y la mitigación del cambio climático (Foro Económico Mundial, 2019). Ambos riesgos se retroalimentan mutuamente. Las tormentas intensas y

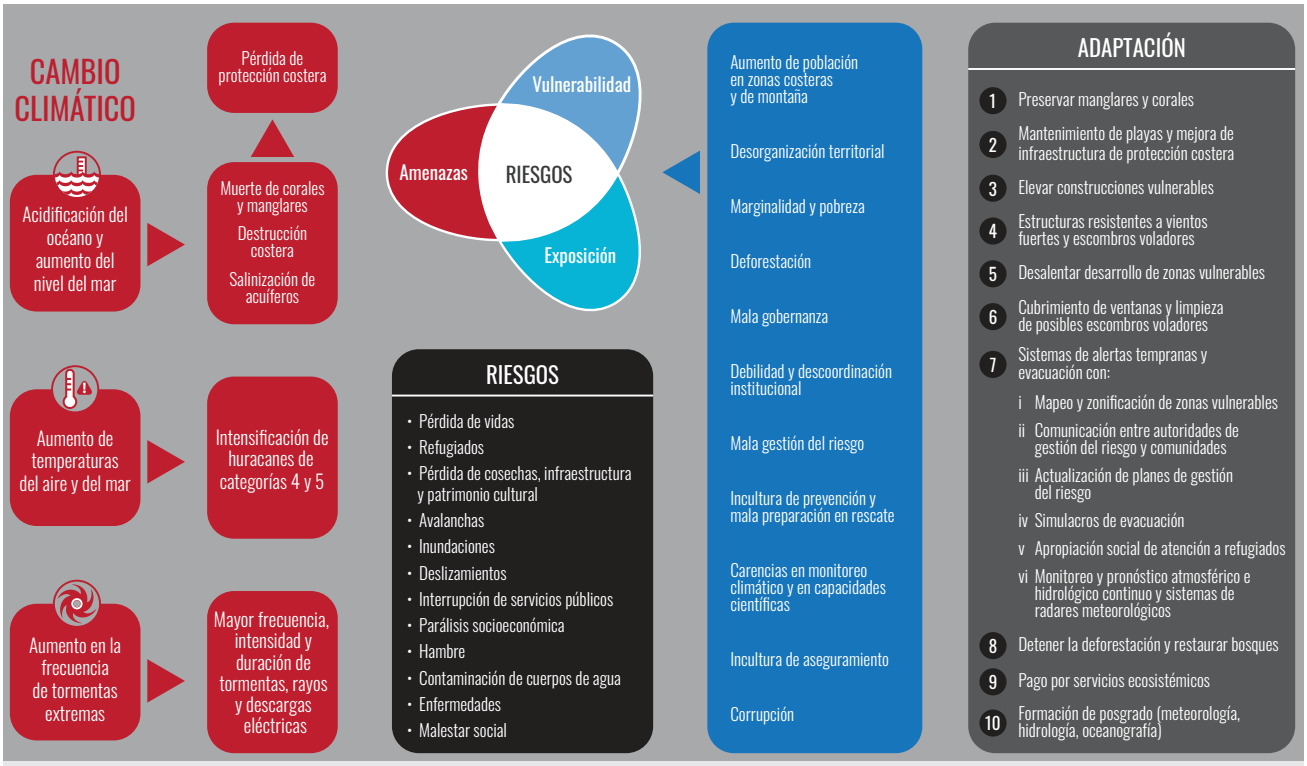


Figura 9.1. Ilustración del marco conceptual del presente capítulo. Las columnas 1 y 2 contienen las principales amenazas del cambio climático sobre los sistemas naturales. En la columna 3 se incluyen los principales riesgos resultantes de dichas amenazas en combinación con diversos factores de vulnerabilidad y exposición (columna 4). La columna 5 sintetiza las principales líneas de acción y medidas de adaptación relacionadas con tormentas y huracanes. Fuente: elaboración propia.

los huracanes forman parte del primero de ellos. La mayoría de los países de Latinoamérica y el Caribe exhiben índices de riesgo entre alto y muy alto por desastres causados por eventos extremos naturales (Bündnis Entwicklung Hilft, 2019), de los cuales los huracanes y las tormentas constituyen una de las mayores amenazas, porque se combinan con factores de exposición, susceptibilidad y vulnerabilidad y con la falta de capacidad de afrontamiento y de adaptación al cambio climático para exacerbar los impactos.

Entre 1970 y 2010 ocurrieron 70 desastres naturales de origen climatológico en la región, con 31 en Centroamérica y México, 16 en Sudamérica y 23 en el Caribe (Bello *et ál.,* 2014). De ellos, 40 fueron causados por tormentas y huracanes, 14 por El Niño, 3 por La Niña (ambos causantes de tormentas), y 14 por eventos extremos de tormentas intensas y sequías. En relación con los primeros, el huracán Dean (2007), de categoría 5, afectó a 4 países (Haití, Dominica, Santa Lucía y Belice), el huracán Mitch (1998), de categoría 5, impactó a Centroamérica, causando 23.149 muertes, y el huracán César (1996), de categoría 4, afectó principalmente a Costa Rica y otros países del norte de Sudamérica y el Caribe. Los desastres por tormentas y huracanes causaron el 50,2 % de las muertes, el 37,3 % de la población afectada, el 41,29 % de los daños y el 38,4 % de las pérdidas totales, en relación con los desastres de origen climático. Y los desastres causados por El Niño y La Niña ocasionaron el 4,1 % de las muertes, el 48,8 % de la población afectada, el 47,8 % de los daños y el 52 % de las pérdidas.

Los costos de los daños y las pérdidas ocasionados por dichos desastres de origen climático fueron estimados en 106.427 millones de dólares, de los cuales 21.012 millones corresponden a huracanes y tormentas en el Caribe, 17.640 millones a los de Centroamérica y 3.754 millones a los de México. Por el fenómeno El Niño (también asociado con tormentas) los daños ascendieron a 42.471 millones en Sudamérica y a 4.013 millones en Centroamérica, y por La Niña, a 5.478 millones en Sudamérica. Por precipitaciones extremas (inundaciones y deslizamientos de tierra) los costos ascendieron a 10.974 millones de dólares (Bello *et ál.,* 2014).

En la Península Ibérica las muertes asociadas a las inundaciones causadas por tormentas son las más numerosas de entre todas las producidas por riesgos naturales. Desde el año 2000, y según las estadísticas de Protección Civil de España, 195 personas han muerto por esta causa (DGPCyE, 2020). A ello habría que añadir la importancia que las tormentas presentan en el desarrollo de temporales marítimos, que han dejado más de 200 muertos desde el año 1995. Los daños económicos asociados a las tormentas son difíciles de cuantificar, pero el Consorcio de Compensación de Seguros de España pone de manifiesto que las inundaciones son el riesgo natural que provoca mayores pérdidas económicas de forma habitual, a lo que habría que unir los costos medios de las tempestades ciclónicas atípicas, y entre ambos registran pagos de más de 100 millones de euros anuales por parte del Consorcio entre 2014 y 2018 (Consorcio de Compensación de Seguros, 2018). Sin embargo, estos pagos de las compañías aseguradoras son muy inferiores al costo total de las inundaciones. Por ejemplo, la «gota fría» que afectó al Levante español en 2019 generó por sí sola el pago de más de 130 millones de euros, aunque las pérdidas económicas totales se estimaron en más de 500 millones de euros.

9.1.3. Relación del sector con clima y con cambio climático

Centroamérica y el Caribe están altamente expuestos a la variabilidad climática ocasionada por la constante interacción de sistemas que ocurren en múltiples escalas de espacio y tiempo. Entre estos sistemas destacan los ciclones tropicales, que muestran una fuerte variabilidad estacional e interanual sobre el Pacífico tropical oriental y el mar Caribe. Los impactos de estos ciclones tropicales no dependen tanto de la intensidad de los sistemas como de su cercanía a las costas, donde habitan poblaciones con alto grado de vulnerabilidad y pobreza. A su vez, la región ha sido identificada como muy vulnerable a los impactos del calentamiento global. Las evidencias científicas más recientes indican que las lluvias promedio y extremas asociadas con huracanes en el Caribe y golfo de México han aumentado significativamente debido al cambio climático, en particular los huracanes de mayor categoría (4 y 5) (Vecchi y Knutson, 2008; Kang y Elsner, 2015; Balaguru *et ál.,* 2018). El huracán María produjo lluvias más intensas que otros 129 huracanes en el Caribe, causando una disminución en su periodo de retorno, muy posiblemente debido al calentamiento global (Keellings y Hernández Ayala, 2019). El número de tormentas tropicales en el Pacífico tropical oriental no muestra una tendencia significativa durante el periodo 1966-2014. Los huracanes mayores disminuyeron a principios de este siglo, mientras que en los años ochenta y noventa fueron muy activos. Además, el cambio climático ha causado una disminución del 10 % en la velocidad de traslación de los ciclones tropicales globalmente durante el periodo 1949-2016 (Kossin, 2018).

En relación con la Península Ibérica, en 2005 se presentó la mayor actividad de huracanes en el Atlántico, y en 2017 por primera vez un huracán rozó las costas de Europa, y se formó un huracán de categoría 5 fuera del Caribe. Hace pocos meses, un huracán de categoría 3 alcanzó a impactar las costas de la Península Ibérica (Greenpeace, 2018). Por otra parte, para España se espera que los recursos hídricos sufran disminuciones importantes por el cambio climático. La variabilidad hidrológica en las cuencas atlánticas aumentará debido a la intensificación de la fase positiva del índice Oscilación del Atlántico Norte (NAO), causando una diminución en la frecuencia de crecidas, aunque no en su magnitud. En las cuencas mediterráneas y del interior la mayor irregularidad del régimen de precipitaciones ocasionará un aumento en la irregularidad del régimen de crecidas y de crecidas súbitas (PNACC, 2006).

La Península Ibérica se ve afectada por diferentes mecanismos atmosféricos que dan lugar a la ocurrencia de tormentas severas (Doswell *et ál.,* 1998), entre ellos, los más habituales son los temporales del sudoeste, asociados a borrascas del frente polar, habitualmente en invierno (Vicente-Serrano *et ál.,* 2011), fenómenos convectivos de carácter más local, que se producen fundamentalmente durante los meses de verano (Romero *et ál.,* 2000; Rigo y Llasat, 2007), y fenómenos asociados a las depresiones aisladas en niveles altos (DANA), fundamentalmente en otoño, coincidiendo con unas temperaturas altas en el mar Mediterráneo (Gilabert y Llasat, 2018). Junto a ello se dan fenómenos de mesoescala con efectos más locales, aunque pueden dar lugar a precipitaciones de carácter catastrófico (Martín-Vide y Llasat, 2018; White *et ál.,* 1997). Finalmente, existen situaciones más puntuales, como es el caso de la llegada de huracanes tropicales, ya debilitados, a las latitudes de la Península Ibérica (Vaquero *et ál.,* 2008; Domínguez-Castro *et ál.,* 2013), o incluso la generación de ciclogénesis subtropicales, que dan lugar a huracanes mediterráneos, también denominados medicanes (González-Alemán *et ál.,* 2019). Dada la diversidad de mecanismos generadores, resulta complejo realizar una evaluación de los posibles cambios en la frecuencia y severidad de las tormentas registradas en las últimas décadas, aunque algunos estudios sugieren un descenso en la frecuencia de tormentas asociadas al frente polar (Santos *et ál.,* 2018), mientras que otros estudios indican un aumento de la torrencialidad de la lluvia en la región mediterránea (Millán *et ál.,* 2005) que daría lugar a un cierto incremento en la frecuencia de inundaciones catastróficas (Llasat *et ál.,* 2014).

Las proyecciones climáticas para el siglo XXI indican un aumento en la frecuencia e intensidad de los huracanes de mayor categoría (3, 4 y 5) (Wang *et ál.,* 2017; Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2018; Trenberth *et ál.,* 2018; Patricola y Wehner, 2018; Murakami *et ál.,* 2018). Se calcula que el impacto económico de los daños por huracanes en América Central y el Caribe durante el periodo 2021-2025 será de entre 30.000 y 44.000 millones de dólares (Vergara *et ál.,* 2014). También se proyecta para América Central un aumento generalizado en las temperaturas y cambios en las lluvias entre -22 y +7 %, mientras que en Sudamérica la lluvia variaría geográficamente, incluyendo una reducción del 22 % en el Nordeste de Brasil y un aumento del 25 % en el sudeste de Sudamérica, así como un aumento en la duración de periodos secos a ambos lados de los Andes argentinos y chilenos, y en el número de días y noches calientes (Magrín *et ál.,* 2014). Para la Península Ibérica, los estudios sobre escenarios futuros predicen un incremento de las tormentas en su costa oeste (Fortunato *et ál.,* 2019), además de episodios de «gota fría» más frecuentes, vientos más húmedos y un Mediterráneo más caliente, que ocasionarán lluvias torrenciales e inundaciones súbitas en la costa del Mediterráneo e Islas Baleares (Cortés *et ál.,* 2019), y, adicionalmente, los medicanes, que no son frecuentes en esta parte del mundo, aumentarán su presencia y daños (González-Alemán et al. 2019).

9.1.4. Revisión de informes previos del IPCC y otros relevantes

Una valoración de las tendencias en tormentas en la región de los países RIOCC, basada en el quinto informe del IPCC (AR5) y en el informe sobre cambios en los eventos extremos y sus impactos (SREX), pone de manifiesto las dificultades para establecer claras conclusiones debido a la escasa disponibilidad de estudios sobre extremos de precipitación. En el caso de los países del sudoeste de Europa (España y Portugal), SREX señalaba una baja confianza sobre posibles tendencias en la ocurrencia de precipitaciones extremas en la región. El informe AR5 tampoco indicaba un claro aumento de las precipitaciones extremas, con amplias inconsistencias y discrepancias entre los diferentes estudios disponibles.

El informe SREX identificaba tendencias mezcladas en las precipitaciones extremas de América Central y del Sur, con tendencias positivas en América Central y el norte de Sudamérica, y negativas en la costa oeste de América del Sur. En México, SREX indicaba un incremento en la intensidad de las precipitaciones en zonas de montaña asociada a ciclones tropicales. En la región del monzón sudamericano se identificaba un incremento de las precipitaciones extremas. Por su parte, el AR5 señala que los riesgos sobre México, América Central y el Caribe se intensificarán en el siglo XXI por el calentamiento global (Nurse *et ál.,* 2014). El AR5 también sugirió tendencias espacialmente muy variables para América del Sur, con un incremento en las precipitaciones extremas en la región del Nordeste de Brasil y al oeste del continente.

Respecto a la frecuencia de huracanes, SREX señalaba un aumento de las temperaturas del mar en las regiones tropicales en las que se produce la ciclogénesis, sugiriendo un incremento de la intensidad de los huracanes que afectan la costa este de Norteamérica. El AR5 indicaba que, aunque los mecanismos de ciclogénesis extratropical se ven afectados por el cambio climático, la atribución de los cambios es extremadamente complicada. El informe SREX también sugería un pequeño cambio en la frecuencia de huracanes, pero un aumento de su intensidad. El informe AR5 destacaba que no se observaban tendencias claras en los ciclones tropicales en la región Atlántica durante los últimos cien años, y aunque los datos satelitales parecían indicar un cierto incremento en la región tropical americana, SREX destacaba la falta de resultados concluyentes. En el caso de las tormentas extratropicales (ciclones polares y fenómenos de mesoescala), la detección de posibles cambios resulta más compleja debido a la variedad de mecanismos físicos involucrados. Ambos informes, AR5 y SREX, señalaban notables incertidumbres al establecer posibles tendencias en este fenómeno.

El reciente reporte de 1,5 °C del IPCC (Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2018) en su figura 3.9 proyecta un aumento en las precipitaciones más intensas de cinco días en vastas regiones de América Central y del Sur, pasando de 6 mm en un escenario de calentamiento global de 1,5 °C a 14 mm en un escena-

rio de 2 °C, pero podrían disminuir entre 2-4 mm en el Caribe, así como en el Mediterráneo y el sur de Europa.

9.2. Componentes del riesgo

9.2.1. Amenazas

El cambio climático está afectando a la dinámica natural de diversos procesos oceánicos, atmosféricos y terrestres que controlan la ocurrencia y el impacto de tormentas intensas y huracanes (Nurse *et ál.,* 2014; Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2018): (1) la subida de las temperaturas del aire está causando y causará cada vez más la intensificación de los huracanes de mayor poder destructivo (categorías 4 y 5); (2) también está provocando un aumento en la intensidad, frecuencia y duración de las tormentas más intensas, y una mayor frecuencia de rayos y descargas eléctricas; (3) la acidificación del océano está causando la mortandad de los arrecifes de coral, ecosistemas que protegen las zonas costeras contra los huracanes, y (4) el aumento en el nivel del mar está destruyendo la infraestructura costera y provocando la salinización de acuíferos costeros, lo que incrementa la vulnerabilidad de las poblaciones ante tormentas y huracanes (ver **Figura 9.1)**.

9.2.1.1. Huracanes en México, América Central y el Caribe

Los países del Caribe y América Central y México están localizados en las regiones de actividad de huracanes entre mayo y noviembre, con origen y desarrollo en el Atlántico tropical norte, mar Caribe y Pacífico tropical oriental, tal como lo muestran las trayectorias desde 1851 en el Atlántico y desde 1949 en el Pacífico (**Figura 9.2**) (Pielke, Jr. *et ál.,* 2003). Las principales amenazas que implican los huracanes se refieren a tormentas muy intensas y prolongadas, marejadas ciclóni-

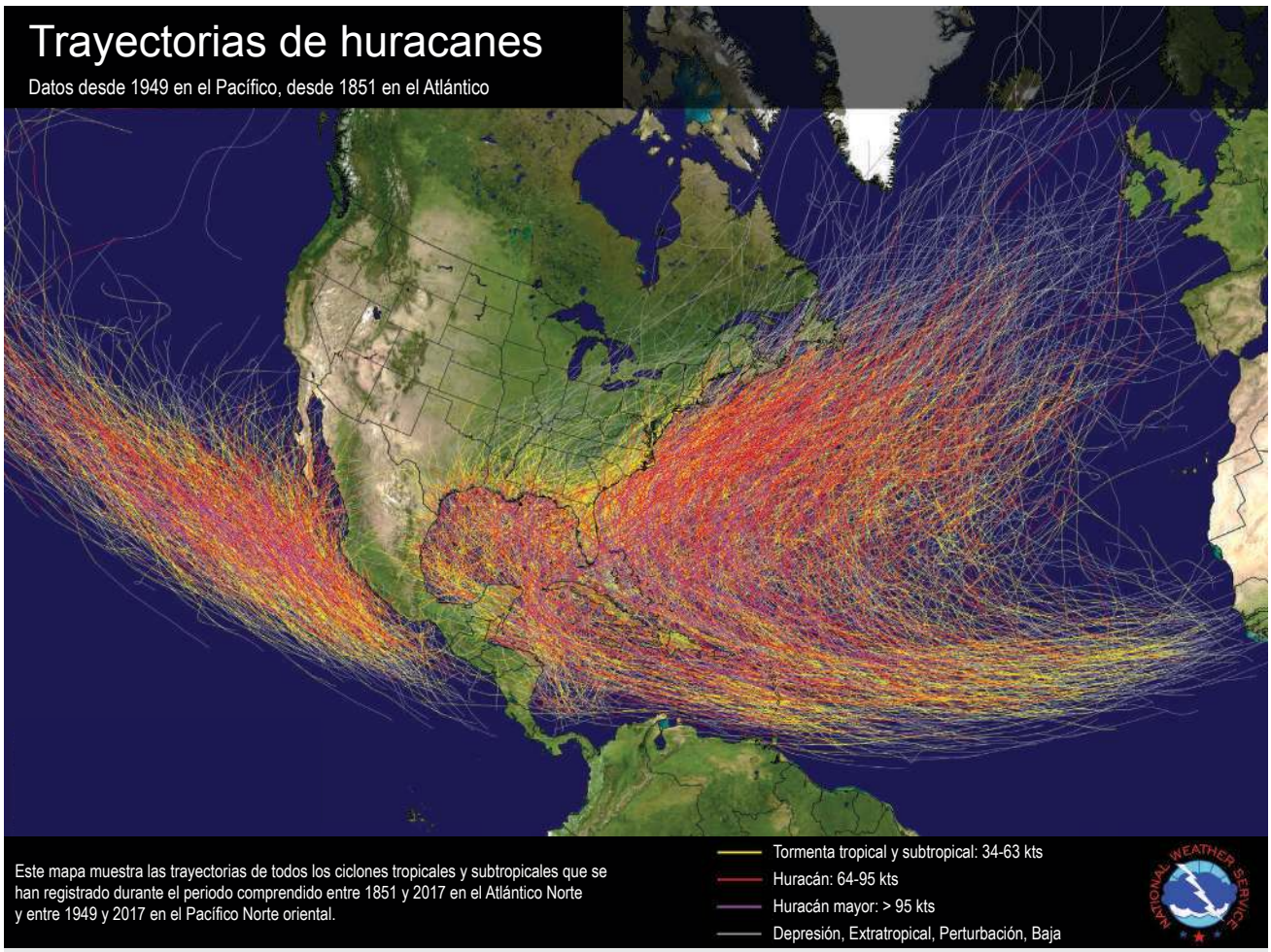


Figura 9.2. Trayectorias de los huracanes en el hemisferio occidental desde 1851 en el Atlántico y desde 1949 en el Pacífico.
Fuente: https://www.nhc.noaa.gov/climo/images/1851_2017_allstorms.jpg

cas y vientos extremos, que causan pérdida de vidas humanas, destrucción de infraestructura, parálisis en la prestación de servicios públicos esenciales, destrucción de cultivos y de vidas animales, e intensificación de diversos tipos de enfermedades, entre otras, que implican graves daños y pérdidas en todos los sectores de la producción socioeconómica, incluyendo el turismo. El año 2017 fue extraordinariamente activo en huracanes de mayor categoría en la región (Wendel, 2017), coincidiendo con el año más caliente registrado en los océanos del mundo hasta esa fecha (Cheng y Zhu, 2018), un récord que fue superado en 2018 (Cheng *et ál.,* 2019). La **Figura 9.3** muestra la ocurrencia simultánea de tres grandes tormentas tropicales sobre México, Cuba y las Antillas orientales el 7 de septiembre de 2017.

9.2.1.2. Tormentas en América del Sur

Los países de América del Sur están expuestos a riesgos debidos a tormentas intensas sobre los Andes, desde Venezuela y Colombia hasta Chile y Argentina, la Amazonia y regiones de altas pendientes. Muchas de dichas tormentas son causadas por sistemas convectivos de mesoescala (SCM), frentes fríos y otros fenómenos (Velasco y Fritsch, 1987; Zipser *et ál.,* 2006; Salio *et ál.,* 2007; Rasmussen *et ál.,* 2014; Zuluaga y Houze, 2015; Nunes *et ál.,* 2016; Jaramillo *et ál.,* 2017). Las altas pendientes y los asentamientos humanos informales o ilegales sobre los Andes son factores de vulnerabilidad y exposición que agudizan los impactos y riesgos (Clark *et ál.,* 2016). Muchas grandes ciudades y centenares de pueblos localizados en las cordilleras centroamericana y de los Andes y otras regiones montañosas están muy expuestos y son altamente vulnerables a la ocurrencia de tormentas intensas, tales como Ciudad de Guatemala, San Salvador, Tegucigalpa, San José, Caracas, Bogotá, Quito, La Paz, Medellín, Cali, Cajamarca, Cuzco, Arequipa, San Cristóbal, Riobamba, Ambato, Ayacucho, Huancayo, Oruro, Cochabamba, Mendoza, Salta, San Miguel de Tucumán, San Juan, Catamarca, Santiago de Chile, Copiapó, San Felipe, Rancagua, entre muchos otros. Uno de los casos más trágicos ocurrió el 15 de diciembre de 1999 en el estado Vargas, Venezuela, causando un número indeterminado de víctimas (entre 7.000 y 30.000 muertos, según distintas fuentes). Otro caso reciente fue la inundación de la ciudad de Mocoa, Colombia, el 30 de marzo de 2017, provocada por un SCM (**Figura 9.4,** izquierda) y exacerbada por la deforestación y

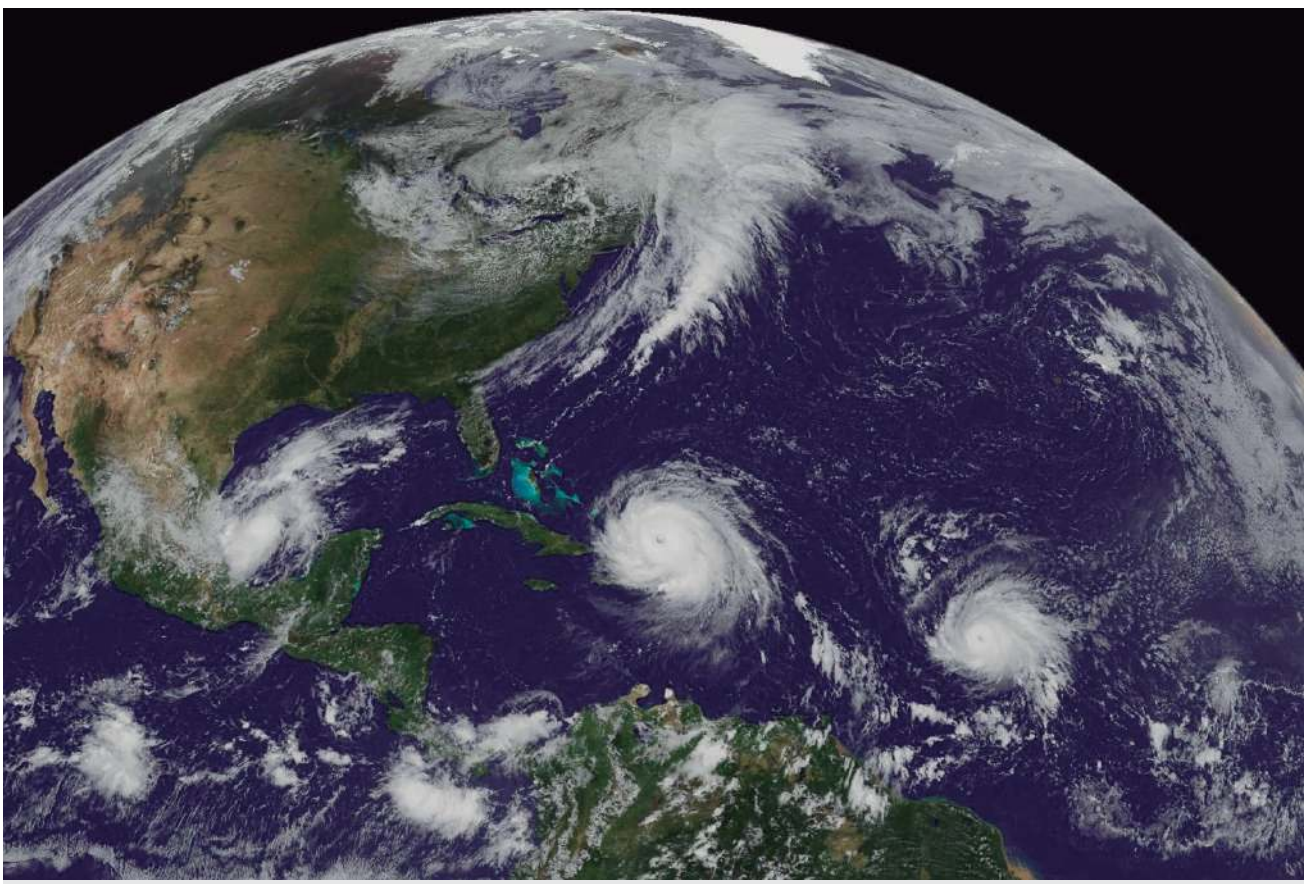


Figura 9.3. Localización de los huracanes Katia (Veracruz, México), Irma (Cuba) y José (Caribe oriental) el 7 de septiembre de 2017 a las 11.15 h de la costa este de Estados Unidos. Fuente: imagen del satélite Suomi NPP de la NOAA de Estados Unidos.

la ocupación ilegal del territorio (**Figura 9.4**, derecha), que causó más de 400 muertos. El 6 de agosto de 2018 Mocoa volvió a experimentar otra creciente desastrosa, esta vez sin pérdidas humanas.

Otros riesgos asociados con tormentas intensas tienen que ver con la ocurrencia de rayos y descargas eléctricas. La incidencia de muertes por rayos en América Latina es 17 veces mayor que en Europa y Estados Unidos. Las regiones de los Andes del norte de Colombia y Venezuela, incluyendo el lago de Maracaibo en Venezuela, son las de mayor frecuencia de rayos y descargas eléctricas en el mundo (Albrecht *et ál.,* 2016). Brasil lidera el número total de muertes por ser el país más poblado y recibir la mayor cantidad de rayos con un promedio de 50 millones por año (Grupo de Electricidad Atmosférica, ELAT, 2018).

La variabilidad climática interanual, asociada con las dos fases de El Niño-Oscilación del Sur (El Niño y La Niña), ocasiona graves pérdidas y daños en las regiones de América Central y del Sur (Cai *et ál.,* 2020), debido a precipitaciones extremas (y sequías), causando entre 1972 y 2010 el 4,1 % de las muertes, el 48,8 % de la población afectada, el 47,8 % de los daños y el 52 % de las pérdidas (Bello *et ál.,* 2014). Los impactos provocan daños y pérdidas de infraestructura, agricultura, ganadería, salud humana, suministro de agua y generación de electricidad, entre otros sectores.

9.2.1.3. Tormentas en la Península Ibérica

Debido a la complejidad del relieve, a la presencia del Atlántico Norte y el Mediterráneo, con temperaturas contrastadas, y a la influencia de diferentes mecanismos de circulación atmosférica, en la Península Ibérica se producen episodios de precipitaciones extremas por el paso de frentes fríos (Serrano *et ál.,* 1999; Vicente-Serrano *et ál.,* 2014), procesos convectivos durante el verano (Llasat y Puigcerver, 1997), depresiones aisladas en niveles altos (Nieto *et ál.,* 2007), también conocidas como DANA, más comúnmente referidas como «gotas frías», responsables de crecidas rápidas en los ríos de montaña y altas pendientes de la vertiente mediterránea, incluyendo las Islas Baleares (White *et ál.,* 1997; Batalla *et ál.,* 2004), que causa graves pérdidas materiales y de vidas humanas (García-Ruiz *et ál.,* 1996). En 2019 ocurrió un episodio de «gota fría» en la costa oriental española (principalmente en la cuenca del río Segura), con precipitaciones muy intensas (entre 300 y 500 mm), numerosos daños materiales y siete fallecidos (**Figura 9.5**). En otros casos se forman crecidas más lentas afectando a las llanuras de inundación de los cursos medios de los ríos (Ollero, 1989; Espejo, 2008), zonas agrícolas, infraestructuras y centros urbanos, en las que además de precipitaciones extremas, entran en juego otro tipo de factores (niveles embalsados aguas arriba, espesores de nieve, etcétera).

9.2.2. Exposición y vulnerabilidad

México presenta condiciones de alta vulnerabilidad debido principalmente a su localización entre dos océanos con alta actividad ciclogénica propicios para tormentas y huracanes y a su relieve accidentado (SEMARNAT, 2017). En América Central y el Caribe viven cerca de 46 millones de habitantes, y entre sus Estados-islas están algunos de los países más pobres de América Latina. Al igual que México, en la región se presenta una alta actividad de tormentas tropicales, huracanes, frentes fríos (Hernández, 2002; Montoya y Palomino, 2005; Ortiz-Royero *et ál.,* 2013; Alfaro y Pérez-Briceño, 2014) y ondas del este (Amador *et ál.,* 2017; Stephenson *et ál.,* 2017). América Central es la segunda región del mun-

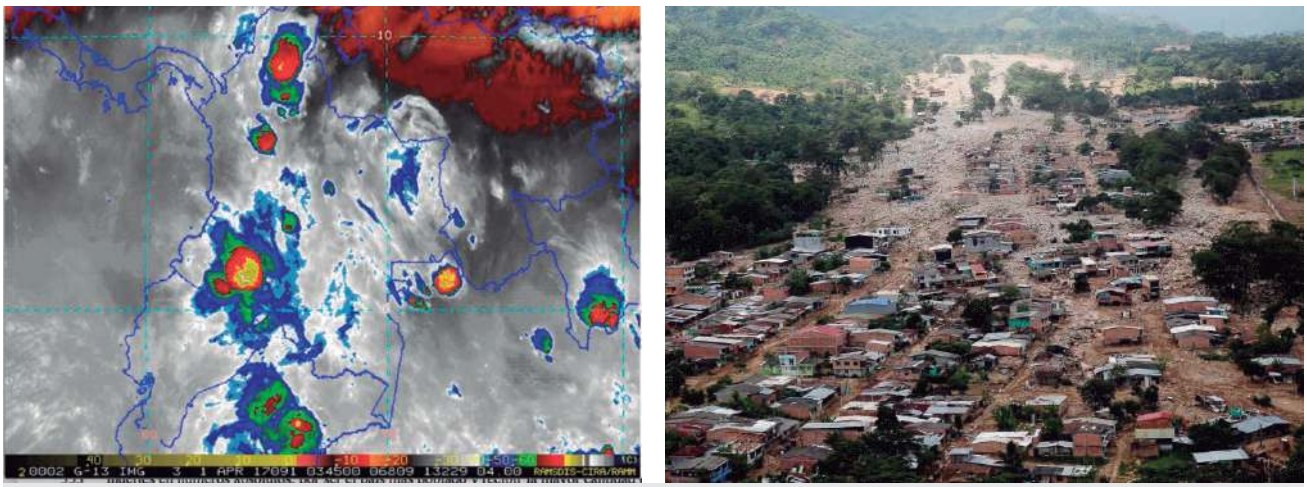


Figura 9.4. Izquierda, imagen del satélite GOES del sistema convectivo de mesoescala causante de la inundación (derecha) que destruyó un tercio de la ciudad de Mocoa, Colombia, el 30 de marzo de 2017. Fuentes: izquierda, Servicio de Información, Datos y Satélites Ambientales de la NOAA de Estados Unidos (NOAA, 2017); derecha, Elpais.com.co/Colprensa



Figura 9.5. Inundaciones asociadas con la gota fría de 2019. Río Clariano a su paso por Ontinyent. Fuente: Cadena Ser (2019).

do más vulnerable a riesgos climatológicos (Giorgi, 2006). Por otro lado, la existencia de regiones de alta pluviosidad y altas pendientes topográficas en los Andes de Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina aumenta el grado de exposición y vulnerabilidad de los centros urbanos ante tormentas intensas.

Las principales condiciones de vulnerabilidad y factores de exposición que intensifican los riesgos por tormentas y huracanes en los países de América Latina y el Caribe son:

1. La acidificación del océano causante de la destrucción de arrecifes coralinos y manglares y, por tanto, pérdida de protección costera (Magrin *et ál.,* 2014, pág. 1503), aumentando la exposición y la vulnerabilidad de ecosistemas y sociedades costeras. Una consecuencia de este riesgo es la destrucción de infraestructura, más frecuentes inundaciones de zonas costeras y salinización de acuíferos costeros por intrusión marina (Gurdak *et ál.,* 2018).
2. El aumento en la densidad de población y el poblamiento desordenado de zonas costeras y susceptibles a deslizamientos e inundaciones (Barragán y de Andrés, 2016).
3. La urbanización acelerada y desordenada, incluyendo prácticas inseguras de autoconstrucción, ocupación incontrolada de cauces naturales, suelos con mal drenaje, inestabilidad geotécnica e infiltraciones por deficiencias en las redes de agua potable y alcantarillado sanitario (Cilento, 2002; ACFIMAN-SACC, 2018).
4. La pobreza, la desigualdad y la marginalidad son ejes de la vulnerabilidad social (Lavell, 2000), que afecta sobre todo a población con poco acceso a servicios, con precarios índices de salud y nivel educativo, malas vías de comunicación (Salamanca y Quiroga, 2010), y carente de seguridad alimentaria y recursos financieros para la adaptación, obligando a su asentamiento en áreas de riesgo hidroclimático (Adger *et ál.,* 2004).
5. La deforestación de 96 millones de hectáreas de bosques en América Latina en los últimos 15 años aumenta los extremos hidroclimáticos y disminuye el secuestro de carbono y el enfriamiento evaporativo, que con el agotamiento de los sistemas de soporte a la vida aumentan los riesgos del cambio climático (Sánchez, 2017).

6. La presencia en la región de muchos países de pequeñas economías, con herramientas de planificación e implementación inadecuadas o ineficientes.
7. Debilidad y descoordinación institucional, mala gobernanza y corrupción.
8. Precaria o inexistente gestión del riesgo en todas las etapas (anteriores y posteriores a los desastres), incluyendo una generalizada incultura preventiva, así como la inexistencia de simulacros de evacuación.
9. Mala preparación en tareas de rescate.
10. Carencias en infraestructura, herramientas y capacidades de monitoreo y pronóstico hidroclimático de tormentas (hay mejores posibilidades en cuanto a huracanes). En particular se evidencia una falta generalizada de radares meteorológicos, radiosondeos atmosféricos y modelos de pronóstico de tormentas y sus impactos hidrológicos (crecientes, inundaciones y deslizamientos).
11. Atraso en la formación de personal científico especializado en ciencias atmosféricas, meteorología, oceanografía e hidrología.
12. Poca cultura de aseguramiento contra riesgos.

Los riesgos y la cantidad de desastres relacionados con tormentas y huracanes están aumentando, siendo los países más pobres los más afectados. La relación es de doble vía, ya que la pobreza es uno de los principales factores que aumentan el riesgo de desastres. Esto, sumado a los factores de exposición y vulnerabilidad señalados, constituye un enorme obstáculo para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. De ahí la necesidad de desarrollar y financiar las estrategias nacionales y locales de reducción del riesgo de desastres de acuerdo con el Marco de Sendai para 2020 (Naciones Unidas, 2019).

La Corporación Andina de Fomento, CAF (2014), ha elaborado mapas de los índices de vulnerabilidad y de capacidad adaptativa a nivel nacional y regional para todos países de América Latina y el Caribe. El Ministerio del Ambiente de Perú ha elaborado el mapa de vulnerabilidad física (MINAM, 2011), que muestra que el 46 % del territorio (36 % de la población; 10 millones de habitantes) presenta condiciones de vulnerabilidad alta a muy alta. El 64 % de la población de Ecuador (9,3 millones de habitantes) vive en cantones (divisiones administrativas de segundo nivel) que se consideran altamente muy expuestos, y 2,9 millones habita en cantones con alta y muy alta vulnerabilidad y poca capacidad de adaptación (Fernández *et ál.,* 2015).

9.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

Los riesgos derivados del cambio climático son y serán cada vez mayores y más frecuentes, y exacerbados por las condiciones de exposición, vulnerabilidad y sensibilidad socioambiental, así como por la poca capacidad adaptativa evidenciada en la carencia de sistemas de alerta temprana robustos en los países RIOCC. Los riesgos de las comunidades ante las amenazas provenientes de tormentas intensas y huracanes dependen de los siguientes factores: (1) características, dimensiones y duración; (2) la mayor capacidad de pronóstico de la dinámica e intensidad de los huracanes que de las tormentas intensas (Vörösmarty *et ál.,* 2013), y (3) el nivel de exposición y de las condiciones de vulnerabilidad, que a su vez están compuestas por la sensibilidad y la capacidad de adaptación.

Según la CEPAL, entre 1972 y 2010 ocurrieron 1.192 desastres en América Latina (incluyendo el Caribe, ALC en adelante), causados por tormentas y huracanes, eventos de El Niño y La Niña, y eventos extremos, incluyendo inundaciones (Bello *et ál.,* 2014). La relación entre daños y pérdidas fue de 1,8 y costaron 106.427 millones de dólares en el año 2000, distribuidos en los sectores productivos, como se muestra en la **Figura 9.6**.

Los principales riesgos por la mayor frecuencia e intensidad de tormentas y huracanes se refieren a pérdidas crecientes de vidas (humanas, animales, biomas), refugiados climáticos, inundaciones, deslizamientos, avalanchas, destrucción de infraestructura, suspensión de servicios públicos esenciales (suministro de agua potable, gas y electricidad, distribución de alimentos, comunicaciones, recolección y disposición de basuras y desechos, salud, educación, etc.), pérdida de cosechas agrícolas, hatos ganaderos, animales domésticos y patrimonio cultural, aumento de enfermedades como cólera, gastrointestinales, de transmisión por mosquitos y roedores y por picaduras de serpientes e insectos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, derrames industriales, y malestar social.

En el periodo de 60 años previo al 2012, el Servicio Meteorológico Nacional de México contabilizó 272 ciclones (51 % como tormentas tropicales y 34 % como huracanes) (CICC, 2012). Asimismo, los costos asociados con eventos hidrometeorológicos extremos han aumentado de 48 millones de dólares (1980-1999) a 1.400 millones de dólares, incluyendo inundaciones y sequías (2000-2012) (Gobierno de la República Mexicana, 2016). En 2009 causaron pérdidas valoradas en 1.067 millones de dólares y 372.000 personas afectadas (CICC, 2012). En 2014 existían 319 municipios en México (13 %) altamente vulnerables a los impactos del cambio climático (Gobierno de la República Mexicana, 2016). En particular, sobre las zonas costeras de México se asientan 87 localidades (17,8 % del total nacional de localidades urbanas), 52 situadas en la vertiente del Pacífico y 35 en la vertiente del golfo de México y mar Caribe (Padilla y Sotelo, 2000). También son altamente vulnerables a los impactos de tormentas intensas las zonas de las Sierras Madres Occidental y Oriental (ver **Tabla 9.1**).

En el periodo 1996-2015 Honduras, Haití y Nicaragua fueron los países más afectados, según el Índice Mundial de Riesgo Climático (Kreft *et ál.,* 2017), debido fundamental-

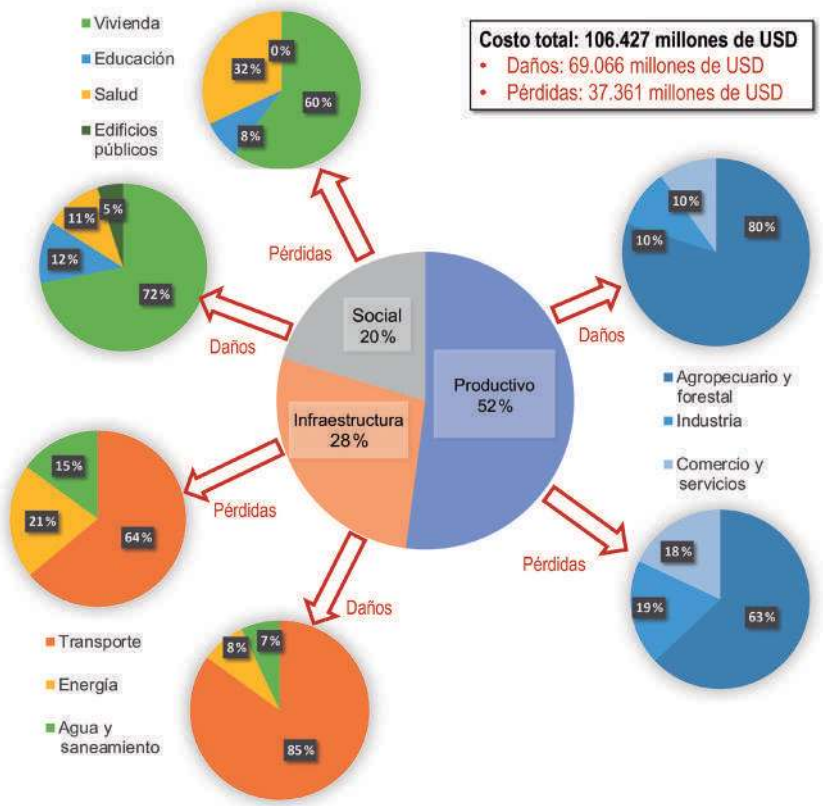


Figura 9.6. Distribución porcentual de los costos por daños y pérdidas debidos a desastres climatológicos en los distintos sectores productivos de América Latina y el Caribe entre 1972 y 2010. Fuente: elaboración propia con datos de CEPAL (Bello *et ál.,* 2014).

mente a huracanes. Además, los efectos de ambas fases de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y otros fenómenos caracterizan la variabilidad climática interanual de la región (Maldonado *et ál.,* 2016; Yang *et ál.,* 2017), lo cual pone de manifiesto las amenazas por la posible intensificación de El Niño y La Niña por el cambio climático (Cai *et ál.,* 2014, 2015, 2020).

Durante el periodo comprendido entre 1972 y 2010, los desastres originados por tormentas y huracanes causaron en América Central el 50,2 % de las muertes, el 37,3 % de la población afectada, el 41,3 % de los daños y el 38,4 % de las pérdidas de origen climático (Bello *et ál.,* 2014). Desde 1980, diez países en América Central y el Caribe han experimentado desastres por causa de huracanes con un impacto mayor que el 50 % de su PIB (CCRIF, 2015). El huracán Mitch (1998) causó 23.149 muertes en América Central. En el Caribe, las tormentas y huracanes causaron 5.376 muertes y 8.000 desaparecidos. Los desastres con mayor número de fallecidos en el Caribe fueron provocados por el huracán Jeanne, en el 2004, en Haití, y los huracanes David y Frederick, en República Dominicana, en 1979, con 2.665 y 2.000 víctimas, respectivamente; y en 1998 el huracán Georges ocasionó el desbordamiento del río Sabaneta, dejando más de 1.000 personas muertas, 263.724 damnificados, 1.053 heridos y 146 desaparecidos.

Por su parte, Colombia lidera el *ranking* de Latinoamérica y el Caribe en cuanto a pérdidas y daños (por cada 100.000 habitantes) por eventos hidrometeorológicos extremos durante el periodo entre 1999 y 2013 (UNISDR, 2016).

Tabla 9.1. Detalles sobre algunos de los huracanes causantes de los mayores costos económicos (1900-2017) y número de pérdidas de vidas humanas asociado en las regiones del Atlántico Norte, mar Caribe y golfo de México. Fuente: Blake *et ál.* (2011), actualizada por NOAA (2018).

Costos (miles de millones de USD, 2017)					Vidas humanas			
Rango	Huracán	Año	Categoría	Costos	Rango	Huracán	Año	Vidas
1	Katrina	2005	3	160,0	1	Galveston	1900	8.000
2	Harvey	2017	4	125,0	2	San Ciriaco	1899	3.369
3	María	2017	4	90,0	3	María	2017	2.982
4	Sandy	2012	1	70,2	4	Okeechobee	1928	2.500
5	Irma	2017	4	50,00	5	Cheniere Caminada	1893	1.400
6	Andrew	1992	5	47,79	6	Katrina	2005	1.200
7	Ike	2008	2	34,80	7	Sea Islands	1893	1.000-2.000
8	Iván	2004	3	27,06	8	San Narciso	1867	811
9	Wilma	2005	3	24,32	9	Indianola	1875	771
10	Rita	2005	3	23,68	10	Florida Keys	1919	745

El aumento en la frecuencia de tormentas más intensas también causa un incremento en la frecuencia e intensidad de rayos y relámpagos (Romps *et ál.,* 2014; Aich *et ál.,* 2018), y con ello sube el riesgo de incendios, pérdida de vidas (humanas, animales, plantas), destrucción de cosechas e infraestructura, daños a los servicios, sistemas y redes de transmisión de electricidad, interrupción del servicio eléctrico y de suministro de agua por parálisis de los sistemas de bombeo. Un aumento en la frecuencia de tormentas intensas causará una mayor frecuencia en las crecidas de los ríos, inundaciones (ver **Capítulo 10**), deslizamientos y avalanchas (ver **Capítulo 11**), con todas sus consecuencias sociales, económicas y ambientales.

La CEPAL estima que los impactos del cambio climático en América Latina y el Caribe ante un aumento de la temperatura global de 2,5 °C podrían costar entre el 1,5 % y el 4,3 % del PIB, mientras que los costos de adaptación no superarían el 0,5 % del PIB regional, evidenciando la necesidad de implementar medidas eficientes de adaptación que permitan reducir los impactos negativos del cambio climático. En la **Figura 9.7** se sintetizan los riesgos principales en relación con tormentas y huracanes en la región RIOCC.

Las inundaciones resultantes de tormentas intensas en España, y en general en la Península Ibérica, constituyen los riesgos hidroclimáticos causantes de las mayores pérdidas económicas (Consorcio de Compensación de Seguros, 2016), alcanzando más de 35.000 millones de euros en los últimos 20 años (Olcina, 2017). El costo anual de las indemnizaciones ha aumentado de 10 millones de euros en la década de 1970 a 250.000 millones en la actualidad. Las pérdidas agrícolas debido a tormentas de granizo también son muy cuantiosas, más aún cuando las condiciones atmosféricas que favorecen dichas tormentas están siendo cada vez más frecuentes (Sánchez *et ál.,* 2017). Por ejemplo, en el año 2017 se vieron afectadas más de 350.000 ha agrícolas (Agroseguro, 2017). Salvo en las cuencas norte, Ebro y Júcar, no se evidencia un aumento significativo en la frecuencia de tormentas intensas e inundaciones (García, 2013; González-Hidalgo *et ál.,* 2011; Acero *et ál.,* 2011; Gallego *et ál.,* 2011). Los avances en la gestión del riesgo han reducido las pérdidas de vidas humanas (Díez-Herrero *et ál.,* 2010), aunque desde 1995 se registra un promedio de 30 fallecidos al año por tales eventos (Gutiérrez, 2016), y episodios catastróficos como el de la crecida del camping de Biescas el 7 de agosto de 1996, que causó 87 muertos y 183 heridos (García-Ruiz *et ál.,* 1996).

9.4. Medidas de adaptación

9.4.1. Escala nacional

El capítulo de América Central y del Sur del Quinto Informe del IPCC (Magrin *et ál.,* 2014) indica que un primer paso para la adaptación consiste en reducir la vulnerabilidad al clima presente y futuro, y simultáneamente fortalecer la capacidad adaptativa y la resiliencia socioambiental (Magrin, 2015). A continuación, se presenta un diagnóstico de diversos programas, planes y medidas de adaptación que han sido diseñados o puestos en marcha en la región RIOCC, en particular con respecto a los impactos de tormentas y huracanes. Por razones de espacio el diagnóstico no es exhaustivo.

México. Después de la divulgación en 2012 de la Ley General de Cambio Climático, se creó el Sistema Nacional de Cambio Climático, el cual desarrolló la Estrategia Nacional (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013) con metas a corto, mediano y largo plazo. Para su cumplimiento se estableció el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014), que se actualiza según los distintos periodos de gobierno. Existen otros instrumentos, como la Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2015), que define el papel de las Áreas Naturales Protegidas en relación con el cambio climático, considerando la gestión integral del riesgo, ya que estas representan una barrera natural para disminuir los impactos asociados con tormentas y huracanes (sistemas de manglares costeros), que contribuyen a la preservación de los servicios ecosistémicos con un adecuado marco regulatorio de manejo (CONANP, 2015). También se deben mencionar el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2019) y el Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales SIAT-CT (Centro Nacional de Protección Civil, 2019), que plantea las medidas de gestión de riesgo en las diversas clases de alertas y etapas de huracanes. El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC, 2019) está constituido por un conjunto articulado de instituciones y procedimientos del sector público, autoridades federales, estatales y municipales para atender y proteger a la población ante desastres. El SINAPROCC cuenta con dos fondos económicos de acción. Uno es el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN), que proporciona recursos para la creación de acciones o mecanismos para la reducción de riesgos y/o la disminución de los impactos por fenómenos naturales. También está el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) para atender los daños causados (SEGOB-Banco Mundial, 2012). Una de las limitaciones identificadas es la disparidad presupuestal entre acciones de prevención y de reconstrucción. En el periodo 2005-2011 México destinó un promedio de 9.935 millones de pesos al FONDEN, y únicamente 267 millones de pesos al FOPREDEN, es decir, 37 veces más para la reconstrucción y atención que para la prevención (Gobierno de la República Mexicana, 2013).

América Central. En 2016 los países de Centroamérica acordaron la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres, armonizada con el Marco de Sendai 2015-2030. El Sistema de Integración Centroamericano (SICA, https://www.sica.int/) fue fundado por Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá en 1991. Belice se integró en 2002 y República Dominicana, en 2013. El SICA cuenta con una estrategia regional de cambio climático que presenta los avances y desafíos de la

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Aumento de pérdida de vidas (humanas, animales, biomas) y refugiados climáticos				
Aumento de inundaciones, deslizamientos y avalanchas				
Destrucción de infraestructura, pérdida de cosechas agrícolas, hatos ganaderos y animales domésticos				
Suspensión de servicios públicos esenciales: agua potable, distribución de alimentos, comunicaciones, electricidad, gas, salud, educación, recolección y disposición de desechos y basuras				
Contaminación de cuerpos de aguas superficiales y subterráneas				
Aumento de enfermedades como cólera, gastrointestinales, transmitidas por vectores y roedores, picaduras de serpientes y de insectos				
Destrucción del patrimonio cultural				
Malestar social				
Pérdida de arrecifes de coral y manglares y de biodiversidad marina, y, por tanto, pérdida de protección costera. Esto se retroalimenta con la vulnerabilidad de los ecosistemas y las sociedades costeras				

Figura 9.7. Principales riesgos identificados en el ámbito de las tormentas y huracanes. Fuente: elaboración propia. *(Continúa en la página siguiente).*

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Daños a la infraestructura costera y salinización de acuíferos costeros por intrusión marina debida al aumento del nivel del mar y de los huracanes				
Riesgo de incendios por aumento en la frecuencia de tormentas más intensas, rayos y relámpagos, con los consiguientes daños (pérdida de vidas humanas, animales, vegetación). Riesgo de destrucción de cosechas, infraestructura, sistemas y redes de transmisión de electricidad, interrupción del servicio eléctrico y del suministro de agua (bombeos) por aumento de tormentas y lluvias intensas				

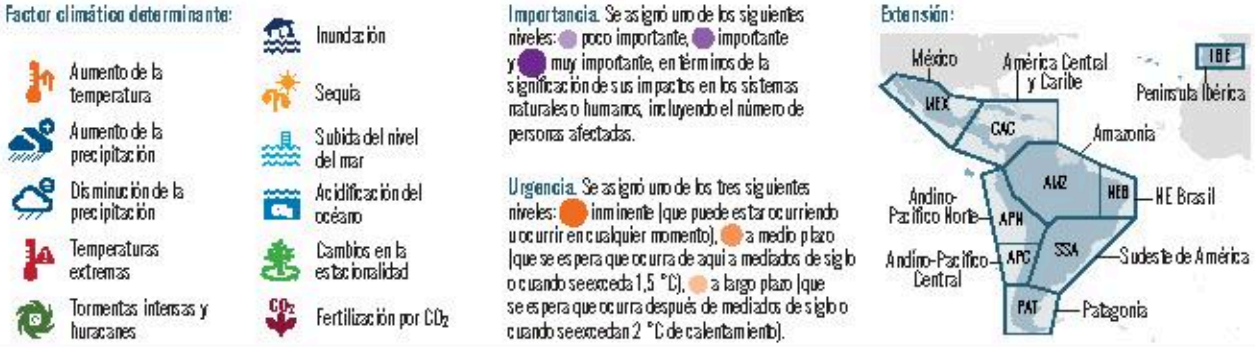


Figura 9.7. Principales riesgos identificados en el ámbito de las tormentas y huracanes. Fuente: elaboración propia. *(Continuación).*

región, y tiene un acuerdo con la NASA de Estados Unidos para el monitoreo satelital de procesos asociados con el cambio climático. El portal de información Centro Clima (http://centroclima.org/) para la región de los países del SICA ha sido desarrollado como un repositorio de datos en el cual se centraliza y almacena información sobre cambio climático, seguridad alimentaria y gestión de riesgos. Adicionalmente, existen iniciativas regionales, como el Foro del Clima, con reuniones trimestrales donde se discuten las perspectivas climáticas que son posteriormente divulgadas a nivel nacional. A su vez, el Comité Regional de Recursos Hidráulicos evalúa permanentemente la situación hídrica de América Central.

La información disponible en internet de América Central y el Caribe sobre planes y programas específicos de prevención, mitigación y adaptación a los riesgos provenientes de tormentas y huracanes es relativamente escasa y está desactualizada. Muchas de las acciones son generales y políticamente orientadas, pero no científicamente dirigidas. Excepciones a esta situación son Cuba y, en menor medida, Costa Rica. A pesar de la existencia de planes de prevención, mitigación y adaptación a desastres por diferentes causas geofísicas, no hay una definición clara sobre los modelos utilizados y los escenarios futuros de cambio climático asociados con las acciones propuestas. Con pocas excepciones, los estudios realizados por científicos locales o regionales no son considerados en los planes para enfrentar las amenazas climáticas. Se usan estudios generales sobre cambio climático para fundamentar algunas acciones que podrían no ser pertinentes. No se reportan acciones transfronterizas en América Central, donde más de 10 ríos son límites internacionales. Se identifica una participación marginal de los servicios meteorológicos e hidrológicos (SMH) de los países en América Central y República Dominicana en cuanto a planes de prevención, mitigación y adaptación a riesgos por tormentas y huracanes. Los SMH, conjuntamente con los comités de emergencia nacionales, están encargados de proveer la información y alertas ante situaciones de emergencia. La región cuenta con poblaciones con idiomas y dialectos diferentes, lo que hace necesario traducir «la ciencia de los desastres» a estas sociedades, de manera que el enfoque sea culturalmente pertinente.

Costa Rica. La Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030 es un programa de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE, 2015)

creado como un instrumento de política pública para orientar las acciones de gestión del riesgo. Dicha política comprende un numeral sobre gestión del riesgo y adaptación al cambio climático. El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) es uno de los brazos operativos y de colaboración de la CNE, y realiza estudios técnicos relacionados con tormentas severas, huracanes y cambio climático en la región del Caribe y el Pacífico tropical oriental (ver estudio del huracán Otto; IMN, 2016). La Estrategia Nacional de Cambio Climático del IMN y el Ministerio de Ambiente y Energía incluye los análisis de vulnerabilidad y definición de medidas de adaptación. La academia costarricense lleva a cabo proyectos tales como el de las políticas nacionales sobre cambio climático (Universidad Estatal a Distancia, Jiménez *et ál.,* 2011) y sobre variabilidad y cambio climático regional en el Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica (Hidalgo *et ál.,* 2013).

El Salvador. En 2018 se establece un Plan Nacional de Cambio Climático (MARN, 2018) con dos componentes: (1) programa de incorporación del cambio climático y la reducción de riesgo a desastres en los planes de desarrollo, en las políticas públicas y en la modernización de la institucionalidad pública, una de cuyas líneas de acción es la incorporación del cambio climático y la reducción de riesgos en las políticas, los planes de desarrollo nacional, territorial y sectorial, y en el presupuesto nacional, y (2) programa de protección de las finanzas públicas y de reducción de pérdidas y daños asociados a los efectos adversos del cambio climático, con líneas de acción como las siguientes: (i) desarrollo e implementación de un sistema de identificación y evaluación de riesgos climáticos; (ii) creación de un mecanismo estatal de manejo del riesgo fiscal para la cobertura y atención de pérdidas y daños asociados al cambio climático y mecanismos para el blindaje climático de la política de protección social; (iii) reducción de riesgos comunitarios y el restablecimiento oportuno, incluyendo los medios de vida locales; (iv) desarrollo de capacidades para el acceso pronto y oportuno a los recursos, y (v) creación del Fondo Nacional para la Adaptación y Reducción de Riesgos Climáticos. El Centro de Monitoreo de Amenazas está vinculado con el Sistema Nacional de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, el cual prepara estacionalmente informes detallados sobre las perspectivas del clima, con información relativa a sequías, deslaves, tormentas eléctricas e inundaciones (Protección Civil, 2017).

Guatemala. El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) son responsables de elaborar anualmente el Plan Operativo Institucional de Temporada Ciclónica y el Protocolo Nacional para la Temporada de Lluvias y Huracanes, respectivamente. El INSIVUMEH (2016) es responsable del monitoreo y vigilancia climática, proporcionando información al Gobierno y a la población sobre la ocurrencia de huracanes, sequías, inundaciones y heladas. Por su parte, la CONRED impulsa el entendimiento y las inversiones para la preparación y reducción del riesgo por desastres.

Honduras. A principios de los años noventa se aprobó la Ley Nacional de Contingencias con el Comité Permanente de Contingencias (COPECO) como órgano rector, sin considerar conceptos ligados al cambio climático. El COPECO tiene por objeto adoptar políticas y medidas orientadas a atender a la población, y la rehabilitación y reconstrucción de las áreas afectadas por eventos extremos. La Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA, 2010) elaboró la Estrategia Nacional de Cambio Climático, con lineamientos de las estrategias de adaptación y mitigación.

Nicaragua. El Plan Nacional de Respuesta del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED, 2008) forma parte del proyecto «Reducción de la Vulnerabilidad ante Desastres en Nicaragua», que coordina comisiones de trabajo sectorial, de educación, de fenómenos naturales, de seguridad, de salud, de ambiente, de infraestructura y de operaciones especiales. El Plan Nacional de Gestión de Riesgos establece seis programas relacionados con la protección del desarrollo y de la inversión, una estrategia de protección financiera y transferencia de riesgo, la gestión del riesgo en el sector privado, un sistema de información para la gestión del riesgo, la participación y auditoría social y la gestión de desastres. El Programa Ambiental de Gestión de Riesgo de Desastres y Cambio Climático (MARENA, 2014) tiene como objetivo «reducir la vulnerabilidad de poblaciones rurales ante desastres asociados al cambio climático, a través de acciones de gestión de riesgos basadas en el manejo y conservación de recursos naturales en cuencas priorizadas por su estado de vulnerabilidad». El Plan Nacional de Respuesta, que involucra las escalas departamentales, regionales y municipales, contiene: (1) planes contingentes (terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, deslizamientos, huracanes y lluvias intensas, sequías, incendios forestales, epidemias, antropogénicos; (2) tablas multiamenazas, planes de respuesta institucionales, comunitarios y familiares, y (3) simulacros de protección de la vida. Además, se han desarrollado planes para promover la cultura de prevención y preparación de la población ante los desastres.

Panamá. El Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2011-2015 (SINAPROC, 2011) fue desarrollado por la Dirección General del Sistema Nacional de Protección Civil (DG-SINAPROC), la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Comisión Nacional del Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central, siguiendo la Política Nacional de Gestión Integral del Riesgo de Desastres. Además del marco conceptual y normativo, incluye aspectos metodológicos de planificación para reducir los niveles de vulnerabilidad ante desastres, mejorar la respuesta en todos los niveles sociales y de gobierno, favorecer la calidad de la información e involucrar a la sociedad civil para la toma de decisiones. Entre los ejes principales del plan están la gestión ambiental y la adaptación al cambio climático.

Cuba. El estudio *Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba* (Planos *et ál.,* 2012) describe las condiciones climáticas del archipiélago e identifica cuencas

altamente vulnerables a impactos de eventos extremos y con una alta frecuencia de inundaciones. La pérdida de biodiversidad ha sido asociada al cambio climático, a periodos de sequía y a la intensidad y frecuencia de eventos extremos, como huracanes. El Instituto de Meteorología produce los estudios y las alertas sobre los riesgos meteorológicos del país. Los impactos del huracán Irma en septiembre de 2017 impulsaron el plan denominado Tarea Vida, aprobado por el Consejo de Ministros. Dicho plan involucra acciones estratégicas y 11 tareas dirigidas a contrarrestar las afectaciones en las zonas vulnerables. Las acciones estratégicas son: (1) prohibir las construcciones de nuevas viviendas en zonas costeras amenazadas vulnerables y amenazadas por inundación permanente, así como reducir la densidad demográfica en las zonas bajas costeras; (2) desarrollar infraestructura novedosa en zonas bajas susceptibles de inundaciones; (3) adaptar las actividades agrícolas y pecuarias, con énfasis en aquellas de mayor incidencia en seguridad alimentaria, a los cambios en el uso del suelo como consecuencia de la elevación del nivel del mar y la sequía; (4) reducir la actividad agrícola en zonas costeras afectadas por intrusión salina; (5) diversificar los cultivos, mejorar las condiciones de los suelos, introducir y desarrollar variedades resistentes a temperaturas más elevadas, y (6) llevar a cabo procesos de reordenamiento urbano de asentamientos e infraestructuras amenazadas. Asimismo, las 11 tareas se enfocan en identificar y acometer acciones y proyectos de adaptación al cambio climático. Cuba ha solicitado ayuda para implementar un proyecto que fortalezca las defensas costeras y permita relocalizar algunas villas y pueblos en zonas de vulnerabilidad al cambio climático (Stone, 2018). El plan cubano sobre cambio climático a 100 años cuesta 100 millones de dólares, y será presentado al Fondo Climático Global, un mecanismo internacional bajo la Convención Marco sobre cambio climático.

República Dominicana. Cuenta con trabajos como el Estado del Arte del Plan Nacional de Adaptación de acuerdo con la Tercera Comunicación Nacional 2015 (SEMARENA/PNUD/GEF, 2015) y el Plan Nacional de Adaptación 2015-2030 (SEMARENA/PNUD/GEF, 2016). Los instrumentos de la política de gestión de riesgos establecidos por la Ley 147-02 son los siguientes: (1) el Sistema Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta ante Desastres es el instrumento para la gestión de riesgos; (2) el Plan Nacional de Gestión de Riesgos define los objetivos, estrategias, acciones y programas para orientar las actividades interinstitucionales; (3) el Plan Nacional de Emergencia define aspectos operativos ante desastres; (4) el Sistema Integrado Nacional de Información sistematiza el conocimiento y maneja la información de los sistemas de vigilancia y alertas ante desastres, y (5) el Fondo Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta ante Desastres. La Comisión Nacional de Emergencias es el organismo responsable de ejecutar las políticas y decisiones a través del Comité Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta (CN-PMR) conjuntamente con el Centro de Operaciones de Emergencia, que es la única instancia de coordinación autorizada para declarar alertas y demás información pública relacionada con la ocurrencia de eventos extremos. Desde el Centro de Operaciones de Emergencias se garantiza que los medios de comunicación reciban la información de manera clara y oportuna, con el apoyo de la Oficina Nacional de Meteorología.

Colombia. La Política Nacional de Cambio Climático (Colombia, MADS, 2017) incorpora la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para reducir los riesgos y aprovechar las oportunidades. Las líneas estratégicas para su adopción son: concienciar sobre el cambio climático, generar información y conocimiento para medir el riesgo, planificar el uso del territorio, implementar medidas de adaptación y fortalecer la capacidad de reacción. La PNCC involucra los siguientes planes y estrategias: (1) Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC; Colombia, DNP, 2012); (2) Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC); (3) Estrategia Nacional REDD+; (4) Estrategia de Protección Financiera Frente a Desastres; (5) Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, y (6) Estrategia Nacional de Financiamiento Climático. El Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres tiene como propósito general orientar las acciones del Estado y de la sociedad civil en cuanto al conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres en cumplimiento de la Política Nacional de Gestión del Riesgo y contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible en el territorio nacional. Sus objetivos son: (1) mejorar el conocimiento del riesgo de desastres en el territorio nacional; (2) reducir la construcción de nuevas condiciones de riesgo en el desarrollo territorial, sectorial y ambiental sostenible; (3) reducir las condiciones existentes de riesgo de desastres; (4) garantizar un oportuno, eficaz y adecuado manejo de desastres, y (5) fortalecer la gobernanza, la educación y comunicación social en la gestión del riesgo con enfoque diferencial, de diversidad cultural y de género. En lo que atañe al presente capítulo, Colombia cuenta con el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en relación con el cambio climático, y específicamente ha definido dos estrategias: (1) la Política de Gestión Financiera Pública ante el Riesgo de Desastres por Fenómenos de la Naturaleza, y (2) la Gestión del Riesgo de Desastres y Medidas de Adaptación. Además, ha desarrollado planes de adaptación para dos sectores específicos: (1) red vial primaria de Colombia (Colombia, Ministerio de Transporte, 2014), y (2) puertos marítimos (Colombia, MinAmbiente, MinTransporte, Invemar, 2017). Sobre este último, las principales amenazas son los vendavales, las inundaciones, la erosión y el mar de leva, además de las tormentas tropicales y huracanes. Dichos planes contienen listas detalladas de acciones de adaptación. El país cuenta con una guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Venezuela. Se han desarrollado diversas acciones y programas, como el Plan Nacional de Ambiente (PNA) para (1) establecer la ordenación estratégica de los asentamientos humanos con el fin de impulsar el desarrollo sustentable; (2) controlar los posibles riesgos por efecto de las aguas

sobre la población, y (3) impulsar los mecanismos de regulación de actividades dentro de las cuencas hidrográficas, de las cuales se derivan importantes infraestructuras para el suministro del recurso agua a los asentamientos humanos. En 2011 se creó la Gran Misión Vivienda Venezuela como respuesta a las emergencias generadas por las lluvias torrenciales que afectaron a cientos de miles de habitantes de las zonas más pobres del país en el año 2010. Dicho programa ha construido y entregado más de 1.800.000 viviendas, con una meta de 3 millones para 2019. En relación con los efectos de tormentas intensas, se han construido diques y obras de protección contra inundaciones en ríos con inundaciones frecuentes, y se han llevado a cabo acciones de mejoramiento y acondicionamiento de cauces en diferentes ríos. Las estrategias de adaptación a tormentas extremas plantean: (1) desarrollar estudios de riesgos por inundaciones causadas por eventos de lluvias extremas e incorporarlos en los planes de prevención, mitigación y reconstrucción en el Sistema Nacional de Prevención de Desastres; (2) estimar daños directos e indirectos probables por afectación al sistema de agua potable y las pérdidas económicas probables ante estos eventos, y con ello, evaluar los posibles daños que afecten a su tratamiento, su conducción, su regulación y almacenamiento; (3) implementar sistemas de alerta temprana en zonas de riesgo a inundaciones, y (4) monitorear sistemáticamente las crecidas en cauces torrenciales. Asimismo, se formuló el Plan de Gestión Integral de Zonas Costeras, cuyo objetivo es disminuir la vulnerabilidad de las zonas costeras. El subprograma Adaptación al Cambio Climático en las Zonas Costeras reconoce el atraso de Venezuela en la formulación de una estrategia nacional sobre cambio climático y un plan nacional de medidas de adaptación y mitigación.

El Primer Reporte Académico de Cambio Climático de Venezuela (PRACC) (ACFIMAN-SACC, 2018) cuestiona las acciones realizadas para reducir la vulnerabilidad ante flujos torrenciales, e indica la necesidad de evaluar y redefinir la Gran Misión Vivienda Venezuela para mejorar la respuesta a los impactos del cambio climático, dado que más bien pareciera un programa «constructor de vulnerabilidades» con una alta proporción de viviendas levantadas en zonas como el estado Vargas, con una historia muy reciente de desastres, desconociendo requisitos mínimos de planificación urbana. También se señala la ausencia de un plan nacional sobre cambio climático, cuya gestión requiere una estructura administrativa responsable y presupuesto. La inexistencia de un espacio institucional para abordar el problema de cambio climático y de un cuerpo de políticas públicas nacionales articuladas para atenderlo aumenta la vulnerabilidad (Villamizar, 2011; 2013). Las principales conclusiones del Reporte PRACC son profundamente críticas y señalan las limitaciones científicas, políticas, jurídicas e institucionales de Venezuela en relación con el cambio climático y los planes de adaptación. Igualmente, el trabajo de Álvarez Iragorri (2016) señala la opacidad de las políticas y acciones del Estado venezolano, la ambigüedad en la información disponible, y que diversos organismos internacionales concuerdan en que Venezuela es uno de los países de menor desarrollo normativo e institucional en relación con políticas públicas sobre cambio climático. Dicho documento propone acciones concretas dirigidas a los sectores público y privado, así como a instituciones universitarias, centros de investigación, empresas y sociedad civil.

Ecuador. La Estrategia Nacional de Cambio Climático (República del Ecuador, Ministerio del Ambiente, 2012) señala los sectores prioritarios y, en relación con el presente capítulo, indica las medidas de adaptación y de respuesta al cambio climático en asentamientos humanos, incluyendo las siguientes iniciativas: (1) la incorporación de variables de cambio climático en los Planes de Ordenamiento Territorial; (2) la elaboración de políticas de gestión de riesgos que identifiquen el incremento de las amenazas y vulnerabilidades; (3) el mejoramiento de la tecnología en la construcción de infraestructura y de vivienda, y (4) la planificación más sostenible de asentamientos en términos de transporte, uso de energía, etcétera.

Perú. La Estrategia Nacional ante el Cambio Climático prioriza los esfuerzos de previsión y acción para adaptar los sistemas productivos, los servicios sociales y la población (MINAM, 2015), como el cambio en los patrones históricos de las lluvias, la erosión costera y el aumento en la intensidad y frecuencia de eventos extremos. En relación con la gestión de riesgos, el Plan Nacional de Adaptación incluye: (1) mapa de susceptibilidad física del Perú; (2) integración de la gestión de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático en instrumentos de planificación para la inversión pública; (3) gestión de riesgos de desastres climáticos; (4) fortalecimiento del Sistema Nacional de Observación del Clima; (5) evaluación local integrada de cuencas para fortalecer la gestión regional; (6) modelos climáticos en ecosistemas y especies claves: adaptación basada en ecosistemas vulnerables; (7) integración de la investigación sobre el cambio climático en universidades; (8) evaluación de las necesidades tecnológicas, y (9) Programa Nacional de Difusión de las medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

Bolivia. En 1998 se creó el Programa Nacional de Cambios Climáticos. Sin embargo, los programas de adaptación son incipientes. Actualmente, la Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra es la entidad que formula políticas, planifica, gestiona técnicamente y desarrolla acciones para afrontar el cambio climático a nivel nacional y regional (Hoffmann, 2015). Un objetivo central es impulsar procesos de adaptación mediante acciones programáticas y diálogo de saberes, priorizando la seguridad alimentaria con soberanía, la gestión integral del agua, la prevención y reducción del riesgo, y la salud y educación para aumentar la capacidad de resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los sistemas de vida. La Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT) está elaborando el Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático, así como un diagnóstico nacional sobre adaptación (APMT, 2017).

Chile. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y Planes Sectoriales (Ministerio del Ambiente, 2015) se encuentra en la etapa de recolección de información y de conformación de los equipos técnicos de trabajo que incluye

la reducción del riesgo de desastres. Dentro de esta última iniciativa se encuentran las líneas de acción sobre información para la toma de decisiones en el marco de la gestión del riesgo de desastres. En 2017 fue aprobado el Plan de Adaptación al cambio climático para la Infraestructura (Chile, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio del Medio Ambiente, 2017), que ha avanzado en el desarrollo de un marco estratégico y una metodología para evaluar la adaptación de la infraestructura pública mediante seis líneas: (1) incorporación de análisis de impactos del cambio climático en la evaluación de obras de infraestructura y metodologías para infraestructura específica; (2) sistema de monitoreo de las obras de infraestructura; (3) planes regionales de contingencia frente a la destrucción de la infraestructura y mapas de vulnerabilidad y zonas de riesgo; (4) desarrollo de infraestructura y defensas para protección de la vida de las personas y los bienes en sectores de borde marítimo y cauces; (5) desarrollo de infraestructura de riego, regulación, conducción, nuevas fuentes y tecnificación, y (6) identificación de nuevos requerimientos de infraestructura producto del cambio climático. En relación con el aumento de tormentas, en la zona centro-sur del país se espera un aumento de casos de enfermedades transmitidas por roedores y garrapatas, hantavirus y rabia (Ministerio del Ambiente, 2005, pág. 25). El plan de adaptación al cambio climático para la salud se encuentra en etapa de anteproyecto. Sus acciones se establecerán en el marco de cinco lineamientos, entre los cuales están la disminución de vulnerabilidad del sector ante eventos extremos mediante acciones preventivas y la disminución de vulnerabilidad ante enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, por agua o alimentos contaminados, así como entre personas de los estratos socioeconómicos más bajos.

Argentina. Mediante la Ley 27.287 de 2016 y en el marco de la Gestión Integral de Desastres se creó el Sistema Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Protección Civil (SINAGIR), el cual trabaja de forma articulada y ordenada en comisiones técnicas asociadas con diversos riesgos. Específicamente, la adaptación al cambio climático es tratada por la Comisión de Riesgos Subyacentes. En ese marco y en el del Gabinete Nacional de Cambio Climático creado por el Decreto Presidencial 891 de 2016, se delinean las políticas para enfrentar los riesgos asociados. Asimismo, con el avance del proceso de elaboración del Plan Nacional de Adaptación se unifican los esfuerzos en la reducción de la vulnerabilidad, identificando acciones y medidas necesarias.

Brasil. El Gobierno Federal de Brasil lanzó en 2016 el Plan Nacional de Adaptación al Cambio del Clima (PNA) (Brasil, Ministerio de Medioambiente, 2016), que comprende diversas acciones estructuradoras de la agenda nacional de adaptación, y directrices y recomendaciones para sectores vulnerables, incluyendo la gestión de riesgos asociados con eventos extremos por cambio climático. En dicho plan se prevén 24 metas y 136 directrices, con estrategias transversales y sectoriales, enfocadas en organizar las bases institucionales, metodológicas y científicas para la reducción y gestión de los riesgos asociados con el cambio climático. Los tres objetivos principales del PNA son: (1) orientar la ampliación y diseminación del conocimiento científico, técnico y tradicional apoyando la producción, gestión y diseminación de información sobre riesgo climático, y el desarrollo de medidas de capacitación de los entes de gobierno y de la sociedad, incluyendo la implementación del Sistema de Vulnerabilidad Climática (SisVuClima); (2) promover la coordinación y cooperación entre órganos públicos para la gestión del riesgo climático, por medio de procesos participativos con la sociedad, en aras al mejoramiento continuo de la gestión del riesgo climático; incluye acciones dirigidas a ampliar la coherencia y coordinación entre políticas públicas para reducir el riesgo climático (desigualdad de la adaptación), y (3) identificar y proporcionar medidas para promover la adaptación y la reducción del riesgo climático.

Uruguay. Las líneas de acción del Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático (PNRCC) (MVOTMA, 2010) son la adaptación (prioritaria), la mitigación y el apoyo trasversal (Ludueña y Ryfisch, 2015). A partir de ahí se ha elaborado la Cartera Nacional de Proyectos para Adaptación y Mitigación (CAF, 2013) para tres niveles jerárquicos: (1) líneas estratégicas, (2) programas y (3) medidas de acción. La Política Nacional de Cambio Climático fue aprobada en 2017 con un horizonte en el año 2050, y tiene como una de sus líneas de acción fortalecer la gestión del riesgo de desastres asociados al clima, en función de las distintas características y dinámicas del territorio, mediante la coordinación de las diferentes instituciones y la población, articulando instrumentos normativos y fiscales para reducir la vulnerabilidad frente al cambio y la variabilidad climática, y fortalecer la respuesta articulada ante eventos climáticos y meteorológicos extremos. Para ello plantea las siguientes líneas de acción: (1) profundizar la implementación de sistemas de alerta temprana considerando las necesidades y características de las instituciones y público objetivo; (2) favorecer la articulación de instrumentos y planes que abordan la gestión del riesgo de desastres asociados al clima, y (3) promover la evaluación de pérdidas y daños ocurridos, así como el desarrollo de análisis prospectivos y territoriales de riesgos y daños potenciales asociados al cambio y la variabilidad climática. La resiliencia a eventos hidrometeorológicos extremos se fortaleció con la firma del Marco de Sendai y con la creación del Sistema Nacional de Emergencias (SINAE) en 2009, de la Dirección Nacional de Emergencias en 2011, y de los Centros de Emergencia Departamental (UNISDR y PNUD, 2011; SINAE, 2013). La gestión de riesgos ha avanzado en la elaboración de planes de emergencia y contingencia en diferentes niveles administrativos y sectoriales (SNRCC, 2014). Reconociendo las debilidades persistentes, se está potenciando la gestión y fortificación institucional del SINAE (SNRCC, 2014). Hoy ya existe el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático en Ciudades e Infraestructuras, y se desarrolla un plan nacional de adaptación en el sector costero.

Paraguay. La Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Paraguay, Secretaría del Ambiente, 2015) forma parte del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2030, así como de las Políticas Nacionales de Cambio Climático y la Política Nacional de Gestión y Reducción de Riesgos (PNGRR)

elaborada por la Secretaría de Emergencia Nacional (SEN), la cual procura instalar el tema de gestión y reducción de riesgos de desastres en los diversos niveles e instituciones. Sus áreas estratégicas son la Gestión de Riesgos y la Reducción de Riesgos de Desastres, y para lograr sus objetivos se han priorizado cinco componentes, uno de los cuales es la implementación de políticas de reducción de riesgos y adaptación. En la estrategia de adaptación se ha implementado un sistema de pronóstico de casos en cuanto a la adaptación de emergencias contra inundaciones. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (SEAM/PNUD/FMAM, 2017) incluye una lista detallada de acciones, agrupadas por sectores e identificadas por actores clave.

España. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) integra la adaptación al cambio climático en la planificación de los distintos sectores y sistemas. El componente de adaptación ha sido incorporado a diversos planes desarrollados por la Administración General del Estado (AGE), tales como los Planes Hidrológicos de Cuenca (2015-2021) y los Planes de Gestión de Riesgos de Inundación. Asimismo, el Cuarto Informe de Seguimiento del PNACC (2018) contiene un listado detallado de acciones e iniciativas de adaptación de todas y cada una de las Comunidades Autónomas. El estudio *Adaptación al Cambio Climático de Zonas Urbanas Costeras con Elevada Densidad de Población e Interés Turístico y Cultural en España* (Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica, 2019) se enfoca en los factores climáticos referentes al ascenso del nivel del mar y las tormentas costeras, causantes de erosión costera y una mayor frecuencia de inundaciones. Sin embargo, los avances socioeconómicos recientes del país no han ido de la mano con las acciones más adecuadas para reducir la vulnerabilidad ante eventos extremos. Se pueden destacar las siguientes iniciativas, más asociadas con la gestión del riesgo que con el cambio climático, destinadas a mejorar la información necesaria para la gestión del riesgo: (1) el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (Meteoalerta); (2) la mejora de la observación y la predicción meteorológica por diferentes organismos nacionales y regionales; (3) el desarrollo de cartografías de riesgo por tormentas intensas e inundaciones, y (4) el desarrollo de sistemas de seguimiento en tiempo real del ciclo hidrológico a escala de cuenca y los sistemas automáticos de información hidrológica (SAIH) por parte de las diferentes confederaciones hidrográficas. Se trata de redes de monitoreo de precipitación y de caudales (niveles en embalses, cauces y canales, posiciones de compuertas, etc.) en tiempo real, usando telemetría automatizada que transmite información al centro de proceso de las diferentes cuencas, donde se toman las medidas contra posibles avenidas (cierre o apertura de compuertas en embalses, derivación de caudales a canales, avisos a la población o protección civil para el desalojo de zonas, etc.). Destaca el desarrollo de infraestructura para enfrentar inundaciones, como la densa red de embalses de regulación de caudales y la construcción de canalizaciones y defensas ante crecidas. También las tareas de gestión territorial, incluyendo los usos del suelo y los programas de reforestación conducentes a reducir los picos de crecida por tormentas extremas. Otra herramienta fundamental es el sistema generalizado de aseguramiento de daños en viviendas particulares o infraestructuras industriales (Duro *et ál.,* 2013), cuyas indemnizaciones corren por cuenta del Consorcio de Compensación de Seguros. Sobresalen, además, medidas legislativas como los planes de gestión del riesgo de inundación y las labores de protección civil dentro de los planes estatales de actuación ante el riesgo de inundaciones.

La Agencia Estatal de Meteorología y los diferentes organismos meteorológicos regionales han modernizado sus sistemas de pronóstico, aplicando modelos robustos de predicción meteorológica (Azorín-Molina *et ál.,* 2014), poniendo en funcionamiento radares meteorológicos, y desarrollando el Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos (METEOALERTA) (AEMET, 2018), que provee información actualizada sobre la evolución de fenómenos atmosféricos adversos durante un máximo de 72 horas, en conexión directa con los organismos de protección civil. Dentro del marco de la Directiva 2007/60, desde 2014 se han elaborado mapas de riesgo de inundaciones para las distintas cuencas españolas. Aunque se han desarrollado metodologías de estimación de precipitaciones extremas (Begueria-Portugues y Vicente-Serrano, 2006), solo se han aplicado en algunas regiones, como la cuenca del río Ebro (Beguería *et ál.,* 2009). Además de la densa red de embalses del país, existe infraestructura de defensa en los cauces de los ríos, de carácter permanente (canalizaciones, barreras, etc.) o temporal, como protección contra crecidas puntuales. Además, con la finalidad de reducir la erosión en las laderas se desarrolló un intenso programa de repoblación forestal que ha logrado reducir las crecidas resultantes de tormentas intensas. El aseguramiento asociado al riesgo de precipitaciones extremas e inundaciones ha sido fundamental en tareas de adaptación y mitigación. El sistema español de seguros agrarios ha sido clave para disminuir el riesgo asociado con tormentas extremas, inundaciones y granizo (Fernández, 2006), y aun sequías. En particular, los seguros incluyen las inundaciones y los daños directos por tormentas a viviendas e infraestructuras industriales y agrícolas. En el caso de tormentas, los daños se cubren si la intensidad de la precipitación supera un límite, explícito en las condiciones de la póliza, (p. ej., 40 l m^{-2} h^{-1}). En los casos de precipitaciones extraordinarias que afectan a amplias zonas con daños catastróficos, el Consorcio de Compensación de Seguros se hace cargo de las indemnizaciones. Además, la Dirección General de Protección Civil y Emergencias mantiene un sistema de ayudas económicas frente a inundaciones y situaciones catastróficas y de emergencia, regulado mediante el Real Decreto 307/2005. Adicionalmente, existe un procedimiento para dictar medidas urgentes y/o extraordinarias, que debe ser aprobado por el Consejo de Ministros mediante un real decreto-ley, que se ha puesto en marcha en ocho ocasiones durante 2007-2015. Además de la actividad legislativa paliativa, España muestra una amplia labor legislativa sobre planes de gestión del

riesgo por inundaciones, derivada de la Directiva Europea 2007/60 sobre elaboración, aprobación e implantación de planes de gestión del riesgo, y regulados por el Real Decreto 903/2010. Tales planes deben ser realizados a escala de cuenca hidrográfica para coordinar las actuaciones de las Administraciones públicas y la sociedad.

Portugal. Cuenta con el programa Adaptar Portugal al Cambio Climático (AdaPT), y ha desarrollado guías para el financiamiento de la adaptación al cambio climático. En relación con el presente capítulo, destaca el programa de Control del Riesgo de Crecidas, que incluye las siguientes medidas: (1) evaluación del cambio de los principales factores de riesgo de crecidas e inundaciones; (2) cambio de las metodologías y de los criterios de dimensionamiento de infraestructuras; (3) identificación de las zonas en riesgo de inundaciones y revisión de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundaciones; (4) refuerzo de las infraestructuras de protección contra crecidas y adecuación de la ocupación de personas y bienes en zonas de riesgo; (5) promoción de los estudios para la revisión (delimitación) y actualización (nuevas) de las zonas de inundación; (6) promoción del desarrollo de sistemas de previsión de alerta de crecidas, adaptado a las características de las cuencas hidrográficas, y que asegura la recolección, en tiempo real, de los datos hidrometeorológicos, y (7) promoción, a través de la adquisición de conocimiento, de la caracterización regional del fenómeno de las crecidas y sus consecuencias prejudiciales en el territorio, que permita definir una política de seguros.

Andorra. La Ley 21 de 2018, de Impulso a la Transición Energética y del Cambio Climático, contempla la creación del Servicio Meteorológico Nacional con el propósito de velar por la seguridad de las personas, reducir las pérdidas de bienes materiales, y contribuir al desarrollo sostenible y al aumento de la resiliencia del país frente a eventos meteorológicos extremos en un contexto de cambio climático. A su vez, el departamento de Protección Civil pone en conocimiento de la población consejos de autoprotección frente a distintas adversidades, incluyendo amenazas naturales como tormentas, rayos e inundaciones. Este organismo también cuenta con diferentes planes de emergencia nacionales, como el Plan Nacional de Emergencias por Inundaciones y Crecidas Torrenciales del Principado de Andorra. El Proceso de Adaptación de Andorra al Cambio Climático (PAACC) recoge algunas actividades de adaptación frente a un esperado aumento de la severidad de las tormentas y otros fenómenos meteorológicos.

9.4.2. Escala subnacional

En esta sección se describen brevemente casos de México, Colombia y España.

México se encuentra dividido en 32 entidades federativas. Cada una de ellas debe elaborar e implementar su propio programa de cambio climático, atendiendo a los sectores público, privado y sociedad en general, los cuales deben contener los compromisos y procedimientos para enfrentar el cambio climático, respetando y alineándose con las metas establecidas en la Estrategia Nacional de Cambio Climático. De los 32 estados, 3 no tienen una ley en materia de cambio climático (Campeche, Nuevo León y Tlaxcala), y 6 de ellos (Baja California Sur, Morelos, Nayarit, Sinaloa, Tabasco y Yucatán) han modificado sus leyes ambientales para incluir artículos relacionados con cambio climático, mientras que 23 sí cuentan con leyes específicas en materia de cambio climático. De estos 23 estados, solo 7 carecen de un programa estatal sobre cambio climático (Aguascalientes, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa y Zacatecas). Para los 32 estados hay información en el Atlas Nacional de Riesgos disponible en línea. Además, 17 estados tienen en sus sitios electrónicos programas estatales de riesgos o de peligros relacionados con fenómenos naturales. El Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático de Yucatán contiene los análisis de la vulnerabilidad actual y futura frente a 4 impactos derivados del cambio climático: aumento de temperaturas, disminución de la precipitación, mayor incidencia y frecuencia de eventos meteorológicos extremos (huracanes, llegada de frentes fríos provenientes del norte, tormentas, mareas de tormenta y lluvias torrenciales) y aumento del nivel del mar (ver detalles en el documento de INECC, 2018).

Colombia ha conformado nueve Nodos Territoriales y Sectoriales de Cambio Climático para desarrollar planes y acciones articulados de mitigación, adaptación y gestión del riesgo frente al cambio climático a escala regional, entre las diferentes corporaciones autónomas regionales, corporaciones para el desarrollo sostenible y autoridades ambientales urbanas. A la fecha se han desarrollado en 13 departamentos Planes Integrales de Cambio Climático (PICC). Partiendo de análisis de vulnerabilidad, se identifican, evalúan y recomiendan medidas y acciones de adaptación, considerando diversas componentes transversales (financiamiento, educación y comunicación y ciencia y tecnología). Desde 2015, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible han venido generando los lineamientos técnicos y una hoja de ruta para incorporar el cambio climático en los Planes Estratégicos de las Macrocuencas Hidrográficas y en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), incluyendo los aspectos asociados con tormentas intensas, inundaciones, deslaves, avenidas torrenciales y movimientos en masa.

En el caso de España, la mayoría de las Comunidades Autónomas cuenta con estrategias o planes que incorporan la adaptación, descritos en el Cuarto Informe de Seguimiento del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Cuatro comunidades han actualizado sus planes en el periodo 2014-2018 (Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica, 2018).

9.4.3. Escala local

En esta sección se presentan dos casos concretos de adaptación a escala local en México y Colombia.

Los 2.446 municipios de México, la menor unidad de implementación de instrumentos de planificación en materia de cambio climático y prevención de riesgos, adolecen de herramientas de regulación y planificación. De manera aislada, la iniciativa Gobiernos Locales por la Sustentabilidad ha liderado los Planes de Acción Climática Municipal en 112 municipios, según los datos hasta 2015. Estos planes definen estrategias a corto y mediano plazo para afrontar el cambio climático, aunque adolecen de falta de coordinación y alineación con las estrategias estatales, un problema constante para la implementación de acciones, dado que no se establecen obligaciones específicas a los municipios. Hasta hoy se han identificado 480 municipios (319 prioritarios) con niveles de vulnerabilidad ante el cambio climático entre alto y muy alto. La Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) ha definido como una de las acciones de adaptación reducir al menos un 50 % los municipios clasificados como los más vulnerables (Gobierno de la República Mexicana, 2016). El reciente estudio de INECC (2018) identifica cinco programas municipales de cambio climático en Toluca, Cuautitlán de García Barragán, Guadalajara, Culiacán y Mérida. Las ciudades de Guadalajara, Los Mochis, Sinaloa, Atzalan, Coatzacoalcos, Veracruz y Tizimín disponen de Atlas de Riesgos Naturales en los que se identifican los riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, como ciclones tropicales, tormentas eléctricas, temperaturas extremas, vientos fuertes, inundaciones y masas de aire (heladas, granizo y nevadas) (INECC, 2018).

El Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA), en Medellín, Colombia, es un proyecto de la Alcaldía de Medellín, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (autoridad ambiental) y empresas de generación hidroeléctrica. Está orientado a la gestión de riesgos asociados con tormentas extremas, inundaciones, movimientos en masa, calidad del aire, y otros. El SIATA desarrolla tareas de (1) monitoreo de variables meteorológicas, hidrológicas y calidad del aire, incluyendo estaciones puntuales y un radar meteorológico; la información está disponible en tiempo real; (2) implementación de modelos de pronóstico hidrológico y meteorológico en la región; (3) alertas y gestión para entregar la información generada a los organismos de gestión de riesgos y a la ciudadanía, y (4) comunicación y educación mediante la apropiación social del conocimiento y la divulgación científica a la comunidad para una mejor calidad de vida.

En la **Figura 9.8** se presenta una breve descripción de las principales acciones de adaptación implementadas en los países RIOCC en relación con tormentas y huracanes.

9.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Las principales barreras a la adaptación son la falta de recursos financieros, humanos y técnicos necesarios para el establecimiento de sistemas de alerta temprana y la precaria gestión del riesgo en la mayoría de los países RIOCC. Muchos de los factores de exposición, vulnerabilidad y sensibilidad discutidos anteriormente también conspiran contra la puesta en marcha y la eficacia de los mecanismos y las tareas de adaptación.

En México se brinda particular atención a las medidas de adaptación basadas en ecosistemas, como la necesidad de aumentar la captura de carbono, fortaleciendo la protección costera mediante esquemas de conservación y recuperación de ecosistemas marinos y costeros (Gobierno de la República Mexicana, 2016). Un ejemplo es el proyecto Adaptación de ecosistemas costeros al cambio climático en Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2017). Es el primer proyecto de adaptación financiado por el Fondo de Cambio Climático de México, cuyo objetivo es reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas en tres distintas ANP, mientras se contribuye a aumentar la captura y almacenamiento de carbono en humedales costeros. La Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques y Selvas (CONAFOR, 2017) no incorpora el tema de huracanes y tormentas. Por otra parte, es necesario señalar la casi total ausencia de medidas y mecanismos de adaptación basada en ecosistemas en los países RIOCC.

Por su parte, los programas de acceso a pago por servicios ambientales y las políticas de reforestación, restauración ecológica y de reducción de la deforestación constituyen un ejemplo de los cobeneficios y las sinergias entre las acciones de adaptación y mitigación relacionados con tormentas y huracanes.

En la **Figura 9.9** se presenta una síntesis de las principales interacciones entre medidas y acciones de adaptación y mitigación en los países RIOCC en relación con tormentas y huracanes. Dichas medidas y acciones ofrecen múltiples cobeneficios y se retroalimentan de manera positiva con el logro de los compromisos del Marco de Sendai sobre la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030 y con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluyendo fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, trabajo decente y crecimiento económico, infraestructura, reducción de las desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres, instituciones sólidas y alianzas para lograr los objetivos.

Las medidas de adaptación propuestas también inciden de manera positiva en la educación de la población en temas de meteorología y ciencias atmosféricas y gestión del riesgo mediante la divulgación regular y extraordinaria por medios masivos y redes sociales de los pronósticos de tormentas y huracanes y de las medidas de alerta y planes de evacuación, mitigación y gestión del riesgo. Esto, a su vez, tiene implicaciones en el proceso de toma de decisiones y la gobernanza socioambiental, considerando procesos en ambos sentidos (de arriba abajo y de abajo arriba).

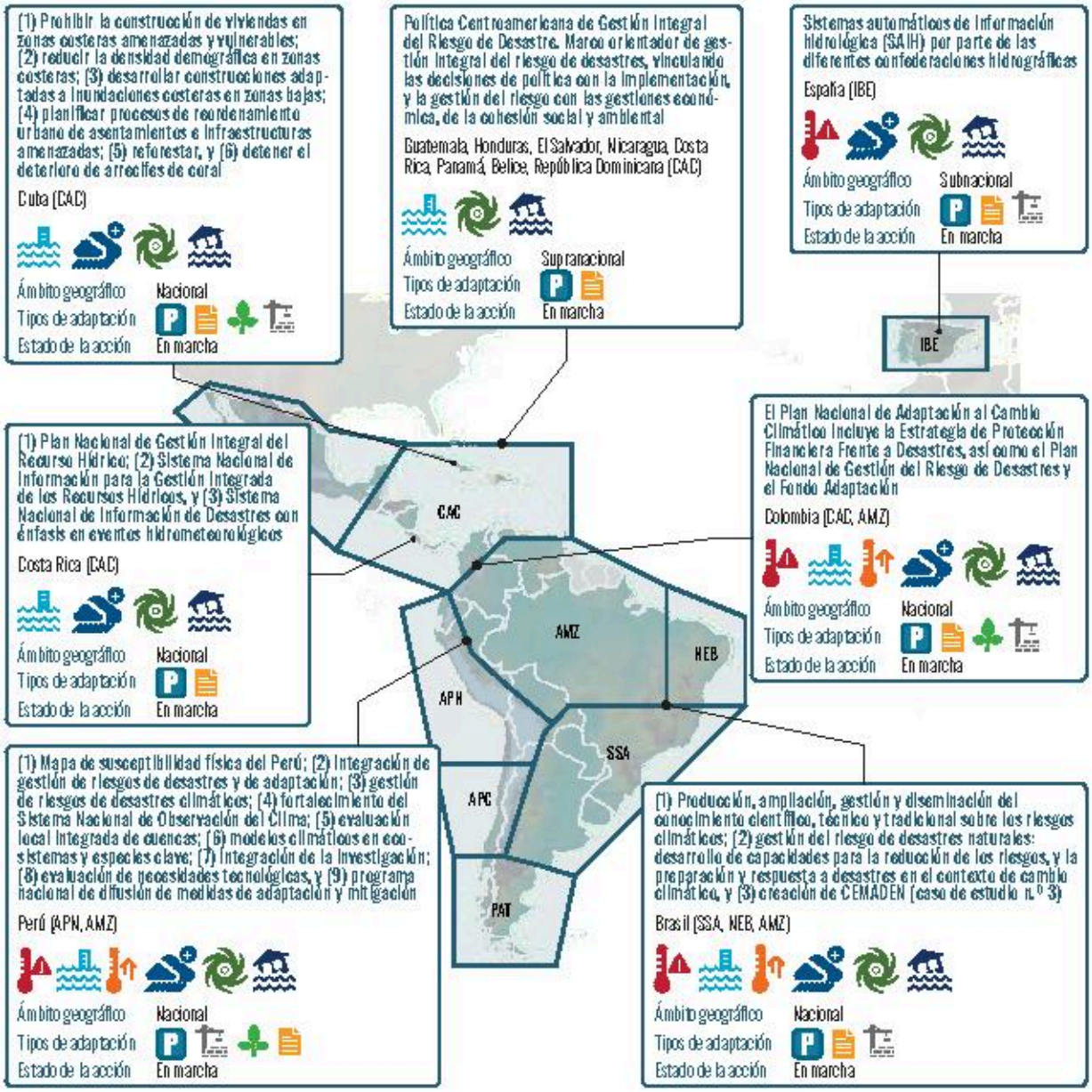


Figura 9.8. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito de las tormentas y huracanes. Fuente: elaboración propia.

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Mapeo y zonificación de susceptibilidad ante tormentas y huracanes	○	●	●	●	●	●	●		1 2 3 4
Puesta en marcha de sistemas de alerta temprana y de gestión del riesgo contra los impactos de huracanes y tormentas. Tecnologías: satelitales, radares meteorológicos, redes de monitoreo hidrometeorológico (pluviógrafos, limnígrafos, infiltrómetros, torres de medición de flujos atmosféricos, radiosondeos, etc.)	○	●	●	●	●	●	●		1 2 3 4
Formación de comunicadores en tareas de gestión del riesgo de desastres en medios masivos de comunicación y en redes sociales	●	○	●	●	●	●	●		1 2 3 4
Implementación de estrategias y programas de comunicación masiva sobre el seguimiento en tiempo real de la dinámica de tormentas y huracanes (TV, radio, prensa, internet, blogs, páginas web, Facebook, Twitter, Instagram, etc.)	○	●	●	●	●	●	●		1 2 3 4
Implementación de planes y órdenes de evacuación, incluyendo simulacros	○	○	○	○	●	●	●		1 2 3 4
Implantación de sistemas de comunicación comunitarios (telefonía celular y redes de radioaficionados) para diseminar la información sobre el avance de tormentas y huracanes y sobre los planes y órdenes de evacuación en tiempo real	○	●	●	●	●	●	●		1 2 3 4
Implantación y actualización permanente de los programas de gestión del riesgo local	○	●	●	●	●	●	●		1 2 3 4
Reforestación y restauración ecológica, incluyendo bosques y otros biomas, manglares y arrecifes de coral	●	●	●	●	●	○	●		1 2 3 4
Formación de alto nivel (maestrías y doctorados) en oceanografía, ciencias de la atmósfera, meteorología, climatología, hidrología	○	○	●	○	●	●	●		1 2 3 4

Figura 9.9. Interacciones en el ámbito de las tormentas y huracanes entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. *(Continúa en la página siguiente).*

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (●) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo).

Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

[3] Prioridades del Marco Sendai: (1) comprensión del riesgo de desastres; (2) fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; (3) invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; (4) mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Figura 9.9. Interacciones en el ámbito de las tormentas y huracanes entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia. *(Continuación).*

Las medidas de adaptación a los impactos de tormentas y huracanes también tienen interacciones positivas con procesos como la prevención de la degradación de tierras, la erosión y la desertización, la mitigación del cambio climático, la protección de los ecosistemas y la biodiversidad, la disminución de las pérdidas en vidas humanas, infraestructura y cosechas y los daños y costos causados por deslizamiento de tierras e inundaciones, y contribuyen a garantizar el suministro de agua, alimentos, energía y servicios públicos esenciales a la población.

9.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

Existe la plataforma Análisis de Decisión Multicriterio (ADMC) para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina (Galindo *et ál.,* 2017). En relación con el tema del presente capítulo, el Banco Interamericano de Desarrollo ha preparado una metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático (Barandiarán *et ál.,* 2019). Por otra parte, las actividades de adaptación se han fortalecido a través de la creación en 2003 de la Conferencia de Directores de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Iberoamericanos con el propósito de establecer un marco de trabajo y cooperación que permita mejorar las capacidades institucionales y operativas (CIMHET, 2019).

9.7. Casos de estudio

En esta sección se presentan cuatro casos de estudio referentes a planes y estrategias de adaptación principalmente dura y blanda en relación con tormentas y huracanes en países de la región RIOCC: (1) el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático de México; (2) la creación y puesta en marcha del Fondo Adaptación en Colombia como respuesta al fenómeno de La Niña 2010-2011; (3) la creación del CEMADEN en Brasil como respuesta a los desastres ocasionados por tormentas intensas en la región serrana de Río de Janeiro en enero de 2011, y (4) el sistema cubano de protección contra huracanes y ciclones tropicales.

En la **Figura 9.10** se presenta una síntesis de los casos de estudio en los países RIOCC en relación con tormentas y huracanes.

9.7.1. Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) de México

9.7.1.1. Resumen del caso

El ANVCC estima y despliega la vulnerabilidad de México a los impactos del cambio climático para contribuir a los procesos de adaptación. Consiste en una herramienta interactiva (SENARMAT, 2019) con información sistematizada de mapas de vulnerabilidad territorial actual y proyectada,

Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) de México.	México			Nacional		Nacional
Implementación del Fondo Adaptación en Colombia como respuesta a los impactos del fenómeno de La Niña 2010-2011.	Colombia			Nacional		Nacional
Creación del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN), Brasil.	Brasil			Nacional		Nacional
El Sistema Cubano de Protección Contra Huracanes y Ciclones Tropicales.	Cuba			Nacional		Nacional



Figura 9.10. Caracterización de los casos de estudio (tormentas y huracanes). Fuente: elaboración propia.

estimada con base en datos históricos y escenarios futuros. Tiene como propósito disminuir la vulnerabilidad de la población, de la infraestructura, de las actividades productivas y de los ecosistemas en un contexto de cambio climático. Además, es una guía para evaluar el cumplimiento de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional del Acuerdo de París en tres niveles de gobierno. El atlas permite identificar las regiones, sectores y poblaciones vulnerables para contribuir al diseño, focalización e implementación de procesos de adaptación, su monitoreo y evaluación. El ANVCC ha sido desarrollado a través de un proceso participativo, identificando las problemáticas asociadas con las amenazas climáticas. El análisis de vulnerabilidad se efectúa considerando y desplegando de manera interactiva los indicadores de exposición actual y futura, así como los de sensibilidad y de capacidad adaptativa, para los siguientes sectores y sistemas: (1) asentamientos humanos por inundaciones y deslaves; (2) incremento en la distribución potencial del dengue; (3) producción forrajera ante estrés hídrico; (4) producción ganadera ante estrés hídrico y por inundaciones; (5) cambio de distribución potencial actual de especies prioritarias, y (6) cambio a condiciones no análogas de la distribución potencial de especies a nivel nacional y en las Áreas Naturales Protegidas.

9.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

México cuenta con diversos instrumentos para enfrentar su alta vulnerabilidad climática. El Programa Especial de Cambio Climático engloba las actividades de las entidades del Gobierno federal. Como parte de este programa se ha comenzado a consolidar el Atlas Nacional de Vulnerabilidad

al Cambio Climático de México (SENARMAT, 2019), un portal interactivo con información climática histórica y escenarios futuros, que considera distintos aspectos, como vulnerabilidad, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, y los impactos del cambio climático. Esta información contribuye a la toma de decisiones en planificación territorial a escala municipal, y a la evaluación y prevención de los riesgos por eventos extremos (SEMARNAT, 2017; 2019a; 2019b).

9.7.1.3. Descripción del caso

El ANVCC cuenta con distintas capas de información sobre índices de exposición a eventos hidrometeorológicos extremos, como huracanes, basada en declaratorias del fideicomiso Fondo de Desastres Naturales, para el periodo 2000-2015. Esta herramienta georreferenciada facilita el diseño de las estrategias de prevención y la definición de las regiones susceptibles de recibir apoyos en caso de ciclones. Las zonas que presentan los mayores riesgos son las costeras, así como las de montaña de las Sierras Madre Oriental y Occidental, muy vulnerables a inundaciones y deslizamientos causados por tormentas que se propagan de las costas hacia el interior. La información puede complementarse con otras capas de información, como la vulnerabilidad municipal ante huracanes (**Figura 9.11**, arriba) y tormentas intensas (**Figura 9.11**, abajo), y para definir acciones y regiones estratégicas de atención social.

9.7.1.4. Limitaciones e interacciones

Una de las limitaciones del ANVCC es la homogeneización de los conceptos de vulnerabilidad, dado que es la principal herramienta de consulta para los tomadores de decisiones en los distintos sectores sociales, productivos y ecosistémicos. Sin embargo, parece necesario enriquecer la información base utilizada para la construcción de los mapas con la experiencia y participación de diversos sectores. Otra limitación radica en no poder responder siempre a las escalas espaciales requeridas por los usuarios, como es el caso de los municipios amenazados por el paso de huracanes. Será necesario evaluar la capacidad de los funcionarios municipales o estatales para manejar esta información, entenderla y poder usarla para establecer medidas de adaptación exitosas. Otras limitaciones del atlas se refieren a la ausencia de análisis de vulnerabilidades relacionadas con actividades económicas como agricultura, pesquerías y acuicultura, y deficiencias en cuanto a enfermedades transmitidas por vectores, olas de calor, problemas de disponibilidad y calidad del agua, entre otras variables de interés. Igualmente, se señala que el ANVCC considera la vulnerabilidad y el riesgo ante el cambio climático con un enfoque distinto al establecido en la Ley General de Protección Civil, y se recomienda que los estados de la federación mexicana deban elaborar escenarios de riesgo climático y emitir criterios para ser incorporados en los atlas de riesgos estatales y municipales (INECC, 2018).

El ANVCC permitirá fortalecer los instrumentos de planeación con criterios de cambio climático y prevención de riesgos. Uno de sus múltiples cobeneficios es unificar el concepto de vulnerabilidad ante el cambio climático, ya que, dependiendo del sector de interés, algunos análisis de vulnerabilidad ponderan únicamente los factores sociales, mientras que otros analizan solo los factores climáticos. Así, los decisores podrán evaluar los proyectos bajo un mismo marco de referencia.

9.7.1.5. Lecciones identificadas

La primera fase del ANVCC ha avanzado en superar las limitaciones identificadas. Esto ayudará a corregir y fortalecer los análisis de vulnerabilidad considerando diferentes enfoques. De igual forma, existen distintos esfuerzos para desagregar espacialmente los modelos climáticos de manera que brinden información a mayor resolución espacial.

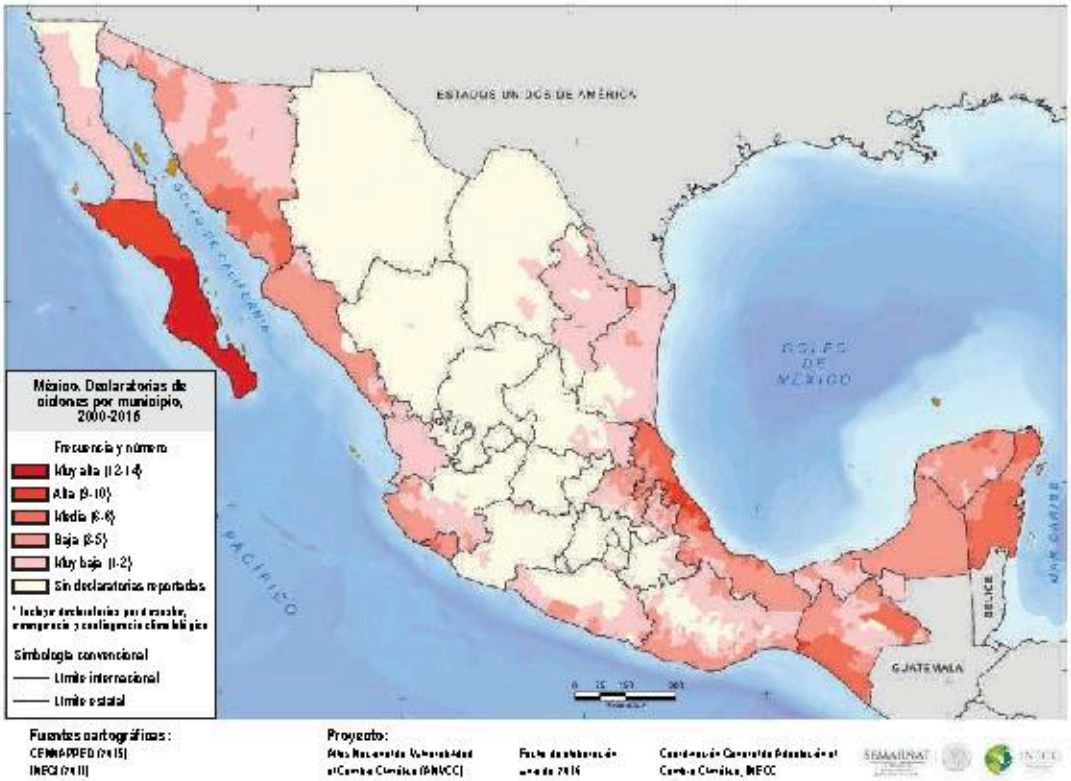
9.7.2. Implementación del Fondo Adaptación en Colombia

9.7.2.1. Resumen del caso

El Fondo Adaptación (FA) fue creado para atender la construcción, reconstrucción, recuperación y reactivación económica y social de las zonas afectadas por las lluvias intensas y las inundaciones causadas por el fenómeno de La Niña de los años 2010 y 2011 en Colombia. Se trata de una entidad adscrita al Ministerio de Hacienda y Crédito Público. El FA ya ha trascendido los efectos de La Niña y hoy tiene como propósito ejecutar proyectos integrales de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático con enfoques multisectorial y regional, además de los relacionados con el fenómeno de La Niña. Dicha facultad le permitirá utilizar su experiencia y conocimiento en la ejecución de proyectos enfocados a generar transformaciones estructurales en el desarrollo territorial para reducir los riesgos asociados y la adaptación al cambio ambiental global, fortaleciendo el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y las políticas ambientales y de gestión del cambio climático. El desarrollo y la implementación del FA han propiciado la articulación entre distintos actores y sectores, favoreciendo el establecimiento, monitoreo y alcance de las metas, pero ha sido cuestionado por problemas relacionados con la capacidad de ejecución y por su naturaleza más enfocada en la adaptación (dura) posterior a los eventos extremos que en la prevención.

9.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

Los eventos de El Niño y La Niña intensifican los eventos hidrometeorológicos extremos en Colombia, y han servido para la adopción de estrategias, planes y programas



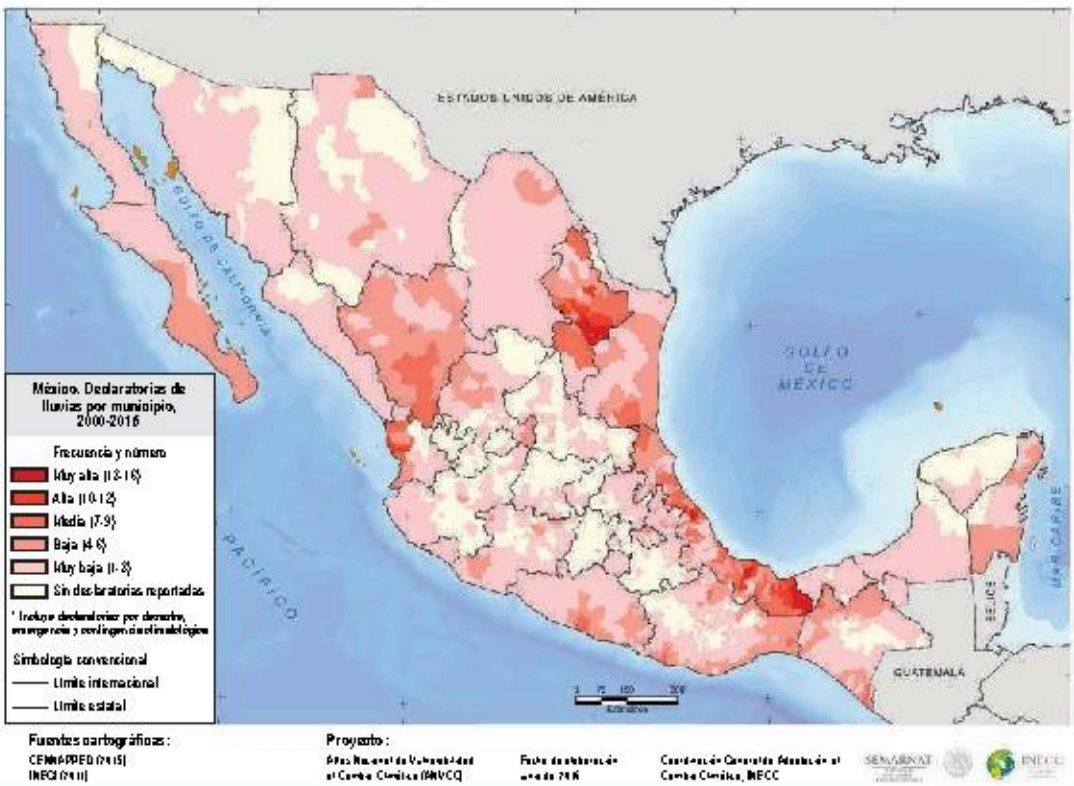


Figura 9.11. Mapas de la incidencia de ciclones (arriba) y de tormentas intensas (abajo) durante el periodo 2000-2015 en México.
Fuente: López Blanco (2016).

de prevención y gestión de desastres, y de programas de adaptación al cambio climático. Un caso paradigmático es el de La Niña, que en Colombia causa tormentas de gran intensidad y duración, granizadas, tornados, vendavales, avalanchas, inundaciones, caída de árboles, colapsos estructurales, crecidas súbitas, deslizamientos en masa y tormentas eléctricas.

9.7.2.3. Descripción del caso

Las lluvias intensas durante La Niña 2010-2011 ocasionaron 1.233 inundaciones, 778 deslizamientos, 174 vendavales, 24 avalanchas, y otros impactos por tormentas eléctricas, granizadas y tornados (CEPAL, 2012), afectando a un total de 971.954 bienes inmuebles (viviendas, fincas, lotes, etc.). Una de las principales consecuencias fue la rotura del canal del Dique que comunica el río Magdalena con la bahía de Cartagena, que inundó 2.855.071 hectáreas, afectó a 3.686.530 personas, y dejó 467 muertos, 577 heridos, 41 desaparecidos y 859.714 familias afectadas (Banco Mundial, 2016). El costo de los daños y pérdidas ascendió a 6.052 millones de dólares, equivalentes al 2 % del PIB de Colombia en 2011. Según IGAC-IDEAM-DANE (2011), las inundaciones cubrieron el 7,7 % del país. Los sectores que sufrieron mayores impactos fueron los de hábitat (ambiental, vivienda, agua y saneamiento), servicios sociales y Administración pública (educación, salud, bienestar familiar, cultura, instalaciones deportivas, fuerza pública, entidades judiciales), infraestructura (transporte y energía) y productivos (agropecuario y no agropecuario). Los sectores económicos más afectados negativamente fueron la agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca, y minería (CEPAL, 2012). Para atender las tareas de construcción, reconstrucción, recuperación y reactivación económica y social de las zonas afectadas, se creó el Fondo Adaptación (http://fondoadaptacion.gov.co/), adscrito al Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

El FA ha involucrado cuatro macroproyectos: (1) la reubicación del municipio de Gramalote, en el departamento Norte de Santander; (2) la definición y ejecución de un plan de manejo hidrosedimentológico para la restauración de los ecosistemas degradados del canal del Dique que conecta el río Magdalena con la ciudad de Cartagena de Indias; (3) la intervención integral para la reducción del riesgo de inundaciones en la región de La Mojana, donde confluyen los ríos Cauca, San Jorge y Magdalena, y (4) el Plan Jarillón de la ciudad de Cali para reducir el riesgo por inundación del río Cauca, protegiendo la vida y bienes de 900.000 habitantes.

9.7.2.4. Limitaciones e interacciones

La mayor limitación es su naturaleza reactiva, privilegiada sobre planes y acciones preventivas, haciendo que la relación beneficio-costo sea baja. Una evaluación de medio término (septiembre de 2011-diciembre de 2014) de las actividades señala (Banco Mundial, 2016): (1) deficiencias en procesos de gestión administrativa; (2) retrasos en el cumplimiento de cronogramas afectando la eficiencia y efectividad, y (3) inexistencia de procedimientos claros para la entrega y recepción de las intervenciones. La Contraloría General de Colombia ha cuestionado la gestión del Fondo Adaptación, señalando serias deficiencias en ejecución presupuestal, uso ineficiente de recursos e incumplimiento de las metas y los tiempos de ejecución de las obras, causando suspensiones y prórrogas de los contratos, y «quebrantado el objeto esencial para el cual fue creada esta entidad» (Colombia, Contraloría General de la República, 2017).

El Fondo Adaptación forma parte del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. La ley le atribuyó en 2015 la facultad de ejecutar proyectos integrales de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático con un enfoque multisectorial y regional. Por otra parte, en respuesta a los efectos de La Niña 2010-2011, el Ministerio del Interior formuló el Plan Nacional de Contingencia del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico para Temporada de Lluvias y Posible Fenómeno La Niña 2016-2018 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016).

9.7.2.5. Lecciones identificadas

Ese mismo reporte de evaluación del Fondo Adaptación (Banco Mundial, 2016) indica que su desarrollo e implementación ha propiciado la articulación entre distintos actores y sectores, favoreciendo el establecimiento, monitoreo y alcance de las metas. Sin embargo, se señalan también problemas de contratación en los estudios y diseños debido a la carencia en algunas regiones de firmas con suficiente capacidad técnica. Ello condujo a centralizar las actividades y encargar los estudios y diseños a las empresas ejecutoras de las obras. Un acierto ha sido la contratación de organizaciones sociales de las regiones para realizar el acompañamiento por su conocimiento de las dinámicas regionales y su reconocimiento y credibilidad entre las comunidades. Una práctica adicional que recomendó el reporte fue la de no iniciar obras hasta no haber estructurado los convenios que definan el operador o la entidad que asumirá la operación y el mantenimiento de la infraestructura para no correr el riesgo de no tener a quién entregar el proyecto al finalizar las obras.

9.7.3. Creación del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN), Brasil

9.7.3.1. Resumen del caso

En Brasil, los eventos hidrometeorológicos extremos y los desastres asociados son cada vez más frecuentes. En enero de 2011, las intensas tormentas que ocurrieron durante dos días en las zonas altas de Río de Janeiro demandaron la atención de las autoridades federales debido a cientos

de pérdidas de vidas humanas y diversos daños causados en la región por deslizamientos de tierra e inundaciones. Dado que los escenarios de cambio climático proyectan un aumento de eventos extremos como este en el futuro, se vio la necesidad de reducir los riesgos e impactos por amenazas naturales en el país. En este contexto, en julio de 2011, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI) creó el Centro de Monitoreo de Desastres Naturales (CEMADEN) en Brasil, con la misión de monitorear y emitir alertas a los municipios y a las principales agencias de defensa civil en todo el país de la probable ocurrencia de desastres naturales. Desde entonces, CEMADEN ha utilizado tecnologías de pronóstico del tiempo atmosférico y monitoreo hidrogeológico para apoyar acciones de prevención y respuesta ante impactos en la sociedad, la infraestructura y el medio ambiente. Actualmente, la estructura de CEMADEN tiene cinco ejes principales: (1) investigación y desarrollo; (2) desarrollo tecnológico; (3) actividades operativas; (4) apoyo para decisiones estratégicas del Gobierno, y (5) colaboraciones nacionales e internacionales.

9.7.3.2. Introducción a la problemática del caso

Las tormentas intensas que ocurrieron el 11 y 12 de enero de 2011 desencadenaron grandes deslizamientos e inundaciones en la región serrana de Río de Janeiro, que causaron 918 muertos en 7 ciudades y afectaron a más de 300.000 personas (42 % de la población). De acuerdo con el Departamento de Recursos Minerales de Río de Janeiro, la catástrofe se debió a la entrada de masas de aire provenientes de la zona de convergencia del Atlántico Sur, aunada al uso y ocupación del suelo, así como por las lluvias antecedentes y erosiones fluviales y pluviales. Según el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, en dos días se registraron 166 milímetros de lluvia en Nova Friburgo, más del 70 % del valor promedio histórico del mes (Banco Mundial, 2012).

9.7.3.3. Descripción del caso

Considerando el aumento en la frecuencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos causantes de desastres en Brasil, y que esta tendencia se acentuará con el cambio climático, en el ámbito de los Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología se propuso desarrollar, implementar, probar y validar un sistema semiautomático de datos y pronósticos hidrometeorológicos, climáticos y ambientales para apoyar la gestión de desastres por eventos extremos. Ello hizo indispensable disponer de un sistema de alerta que reuniera competencias científicas y tecnológicas de varias ciencias (meteorología, hidrología, geología y riesgos y desastres). Así, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI) creó en julio de 2011 el Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales, CEMADEN, con el propósito de implementar un sistema de pronóstico de riesgos hidrometeorológicos en áreas susceptibles a los mismos como parte de un programa multisectorial para enfrentar de forma integrada la gestión de riesgos de desastres, priorizando la prevención. En el marco del Plan Nacional de Gestión de Riesgos y Respuestas a Desastres, se definieron los ejes de actuación gubernamental preventiva: mapeo de áreas de riesgo, estructuración del sistema de monitoreo y alerta, obras estructurantes y, a mediano plazo, fortalecimiento de los órganos de defensa civil y apoyo a la planificación urbana evitando la ocupación de áreas de riesgo. El CEMADEN fue creado con la misión de monitorear y emitir alertas de la ocurrencia de desastres asociados con fenómenos naturales para los órganos de defensa civil, usando tecnologías modernas de monitoreo ambiental sobre las condiciones precursoras de desastres en conjunto con predicciones meteorológicas, hidrológicas y geodinámicas.

9.7.3.4. Limitaciones e interacciones

Los esfuerzos dedicados para enfrentar los riesgos por eventos extremos iniciados en el ámbito de los Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología para el cambio climático contribuyeron a establecer el programa Gestión de Riesgos y Respuestas a Desastres Naturales del Plan Plurianual (PPA 2012-2015) (Alvalá y Barbieri, 2017), así como la estrategia de implementación de la política pactada en este programa para el PPA 2016-2019. Las prioridades del Gobierno para focalizar las inversiones es invertir en tareas de monitoreo y alertas de los principales desastres que afectan a Brasil (inundaciones, sequías y deslizamientos en laderas), y la identificación de los municipios más vulnerables a dichos eventos.

Como retos aún pendientes podemos mencionar los asociados con el enfoque científico, el mantenimiento de la red de monitoreo ambiental y el perfeccionamiento de las políticas sobre gestión de riesgos y desastres. Por ejemplo, en relación con la modelación geodinámica de desastres, generalmente se utilizan modelos numéricos para simular las condiciones en campo y analizar el comportamiento hidromecánico de pendientes y taludes en aras a la comprensión del papel de los principales agentes detonantes y a la definición de umbrales críticos de las variables ambientales causantes de tales procesos (lluvia, contenido de humedad del suelo, succión y temperatura del suelo, etc.). Sin embargo, estos procesos no siempre son desencadenados exclusivamente por condicionantes naturales. Generalmente, los movimientos en masa se deben a la acción conjunta de factores antrópicos y naturales. Por tanto, los principales desafíos de la modelación geodinámica son: (1) incorporar los condicionantes naturales y antrópicos en los modelos numéricos para perfeccionar sus resultados; (2) mejorar las condiciones de frontera en los modelos numéricos a partir de las observaciones de campo de los mecanismos de ruptura de deslizamientos en laderas y taludes, y (3) definir umbrales críticos de las variables ambientales monitoreadas

(lluvia, humedad del suelo, etc.) teniendo en cuenta los condicionantes antrópicos.

Los sistemas de alerta temprana del riesgo de desastres naturales de origen meteorológico y climático han sido señalados como una de las principales herramientas de adaptación al cambio climático y de construcción de hábitats más resilientes y menos vulnerables. Para consolidar el Sistema Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales, el CEMADEN se creó con el propósito de implementar, complementar y consolidar la red de instrumentos meteorológicos, hidrológicos y geotécnicos para monitoreo ambiental en asociación con varias instituciones. Además de datos provenientes de los pluviómetros automáticos, se analizan los datos obtenidos por radares meteorológicos, de plataformas para monitoreo de humedad de suelo y de pluviómetros semiautomáticos distribuidos en las comunidades de áreas de riesgo. Una de las limitaciones de gran importancia de un sistema como el de CEMADEN es el mantenimiento y ampliación de la red de monitoreo, pues sin los datos provenientes de las localidades más vulnerables, puede haber una pérdida de calidad de las alertas emitidas por la institución. Otro factor limitante y que exige un trabajo constante se refiere al desarrollo de modelos de impactos para previsión de desastres naturales, así como de métodos de evaluación de las vulnerabilidades y reducción de riesgos. Por último, es necesario estar trabajando continuamente para aumentar la comprensión sobre las competencias, roles, responsabilidades y prioridades sistémicas del monitoreo, la previsión y la transmisión de alertas y alarmas para desastres naturales relevantes.

9.7.3.5. Lecciones identificadas

Para garantizar la eficiencia y la alta calidad de las actividades y servicios prestados por CEMADEN, es necesario esforzarse por mantener y aumentar el presupuesto asignado al centro, incluso durante periodos de problemas económicos en el país, dada la importancia de esta institución para acciones de prevención y respuesta a desastres, especialmente aquellos asociados con deslizamientos de tierra e inundaciones. Con esto, será posible invertir recursos para expandir la red de monitoreo ambiental continuo en el territorio brasileño, fortalecer la infraestructura informática del centro y valorar todo el trabajo y la dedicación de sus integrantes. Además, es importante buscar expandir las alianzas y colaboraciones con otras instituciones nacionales e internacionales para mejorar los desarrollos tecnológicos, la investigación aplicada y las actividades operativas de CEMADEN. Todos estos factores considerados de manera conjunta deberían contribuir a la mejora de las políticas de gestión de riesgos y desastres en el país, fortaleciendo las acciones tempranas de mitigación, preparación y respuesta de los tomadores de decisiones y de la población brasileña en áreas de riesgo, con el objetivo final de reducir el número de muertes, lesiones y pérdidas resultantes de los desastres naturales en Brasil.

9.7.4. El Sistema Cubano de Protección Contra Huracanes y Ciclones Tropicales

9.7.4.1. Resumen del caso

El archipiélago cubano ha sido afectado históricamente por huracanes, entre los cuales destacan por la magnitud de las pérdidas y daños Ike (2008), Matthew (2016), Irma (2017), Gustav (2008), Michelle (2001), Sandy (2012), Dennis (2005), Iván (2004) y Charley (2004). La temporada de huracanes en Cuba comienza el 1 de junio y finaliza el 30 de noviembre. El Sistema de Defensa Civil es el encargado de todas las etapas de la gestión de los riesgos asociados con huracanes, incluyendo las de prevención, divulgación de información y grados de alerta, y de las acciones de evacuación. Para esto es clave la difusión a través de los medios de comunicación tradicionales (televisión, radio, prensa escrita), así como medios alternativos (radioaficionados, altoparlantes, salas de vídeo, boletines, plegables y otros), y de las diversas organizaciones políticas locales. Se avisa sobre el avance y las características del huracán, información que se va dando con mayor frecuencia a medida que este se acerca a Cuba. Tal información y avisos están a cargo de meteorólogos, que usan un lenguaje accesible a toda la población para alertar con suficiente anticipación sobre las acciones y medidas de protección a adoptar.

9.7.4.2. Introducción a la problemática del caso

Los ciclones tropicales han ocasionado los mayores desastres de la historia de Cuba. Y puede decirse que ello ha ocurrido en ciclones tropicales de cualquier intensidad, desde una depresión tropical o tormenta tropical, debido a las grandes precipitaciones que suelen traer asociadas, hasta huracanes, especialmente los de mayor categoría (3 a 5 en la escala Saffir-Simpson). Ejemplos históricos son el de categoría 5 en 1846, que destruyó la mayor parte de La Habana y dejó cientos de muertos. O huracanes como el de 1926, categoría 4, caracterizado por una gran pluviosidad: en solo 12 horas cayeron 510 mm de lluvia sobre La Habana, la mitad de la lluvia de un año, ocasionando 600 muertes. También el huracán de 1944, con vientos en rachas de 262 km/h, vientos huracanados durante 14 horas y con rachas por encima de 200 km/h por espacio de 7 horas, y un saldo de 300 muertes. En la historia cubana destacan por sus mortíferos efectos el huracán de 1932 en Santa Cruz del Sur, provincia de Camagüey, que, con mareas de 6,5 m, ocasionó la mayor catástrofe en la historia cubana, algo más de 3.000 muertes; y, en segundo lugar, el huracán Flora de 1963 en las provincias orientales de Cuba, que en 72 horas descargó 1.800 mm de lluvia, la cantidad promedio de un año en esa región. El saldo fue de 1.200 personas fallecidas

debido a las grandes inundaciones que ocurrieron en el valle del río Cauto, el más caudaloso de Cuba, desbordado por causa de las intensas precipitaciones.

9.7.4.3. Descripción del caso

El desastre causado por el huracán Flora fue el inicio de tres pilares en la lucha contra los desastres en Cuba: (1) el fortalecimiento del Servicio Meteorológico Nacional con la fundación del Instituto de Meteorología, entidad de servicio e investigaciones en todas las temáticas meteorológicas; (2) un moderno Sistema de Defensa Civil, y (3) la creación de un vasto sistema de presas y micropresas que servirían para evitar las grandes crecientes en los ríos y almacenar agua para los periodos de sequía.

El actual sistema de prevención posee una amplia base jurídica establecida a través de los años.

Si bien antes se daba prioridad a la respuesta, ahora el énfasis se hace en la prevención y preparación, teniendo en cuenta la educación en las escuelas primarias, secundarias y en el nivel universitario. Se realizan concursos y actividades para niños y jóvenes. Involucrarlos ha tenido resultados muy importantes, porque al mismo tiempo participa la familia entera en el proceso de aprendizaje. Hay que mencionar también cursos populares sobre meteorología y huracanes impartidos por especialistas en los canales de la televisión educativa.

El Sistema Nacional de Defensa Civil está encabezado por las máximas autoridades en cada nivel del país. Pero hay un factor especial: en cada lugar, el directivo es por ley el encargado de las medidas de defensa civil. En una escuela, el director, o en un hotel, el gerente son los responsables del cumplimiento de las medidas de defensa civil. Muy importante es la información pública. Los meteorólogos explican la situación en la televisión y la radio nacional, y después la defensa civil orienta las medidas a tomar para la protección. La información meteorológica en palabras sencillas y sin tecnicismos asegura la comprensión de todos. La percepción del riesgo más la confianza en el mensaje es lo que permite que las personas tiendan a protegerse.

9.7.4.4. Limitaciones e interacciones

La interacción coordinada entre el Servicio Meteorológico, la Defensa Civil, los medios de comunicación y las comunidades funciona muy bien de manera operacional. El Servicio Meteorológico estudia la situación desde el punto de vista científico y emite su información de manera independiente a través de los medios de comunicación para hacerla llegar a la sociedad. En las provincias se hace lo mismo, adecuando las informaciones al nivel provincial y municipal. Existe una estrecha coordinación entre las autoridades de la Defensa Civil y el Gobierno con todos los niveles. El Servicio Meteorológico participa, junto a todos los ministerios y organizaciones, en el Consejo de Defensa Nacional. En las provincias y municipios se reproduce esto mismo al nivel correspondiente. Los medios de comunicación transmiten a los niveles nacional, provincial o municipal no solo las informaciones que ofrecen conocidos meteorólogos, sino que a continuación la defensa civil brinda las informaciones y orientaciones sobre qué se debe hacer. La limitación principal es que, aunque pocos, todavía se producen casos aislados de personas que han contrariado las orientaciones de protección o evacuación. Esto implica hacer mayores esfuerzos en incrementar el nivel de educación y el uso de los medios de comunicación para que de manera unánime se pueda garantizar la protección de toda la sociedad.

9.7.4.5. Lecciones identificadas

Destacan los logros de la interacción y cooperación entre los principales actores: defensa civil, gobiernos a distintos niveles, Servicio Meteorológico y medios de comunicación y difusión. Asimismo, hay actividades enfocadas en la prevención, como los estudios de vulnerabilidad y riesgos con mapas para todo el país. Además, se lleva a cabo una adecuada preparación de todos los actores, incluida la sociedad civil, que tiene su punto culminante en los Ejercicios Meteoro que se ejecutan cada mes de mayo antes de la temporada de huracanes. También son clave la enseñanza en las escuelas primarias y secundarias, y los concursos y círculos de interés, que promueven el conocimiento en los jóvenes y sus familias. Los meteorólogos devenidos en comunicadores en condiciones cotidianas y extraordinarias, especialmente, cuando amenaza o se aproxima un huracán, mediante el uso de un lenguaje sencillo que favorece la comprensión de la situación y la implementación de las acciones conducentes a salvar vidas y bienes, constituyen los resortes psicológicos para incentivar la percepción del riesgo.

9.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

El estudio de Galindo *et al.* (2014) señala que las estrategias de adaptación apropiadas forman parte del desarrollo sostenible y deben considerar varios aspectos. Primero, los altos niveles de incertidumbre sobre las consecuencias del cambio climático demandan diseñar estrategias adecuadas de gestión de riesgos, con un portafolio flexible de medidas de adaptación, que incluya el principio precautelar para evitar daños irreversibles y opciones con cobeneficios (World Bank, 2008); En segundo lugar, es clave implementar estrategias tempranas de adaptación con base en la mejor investigación científica posible sobre los efectos regionales y locales del cambio climático. También son relevantes el momento de aplicación y la secuencia de los procesos de adaptación. Las opciones de adaptación temprana, incluyendo principalmente medidas de prevención, son relevantes para reducir la

alta vulnerabilidad y los daños irreversibles y para construir una senda sostenible. Tercero, el análisis económico de las opciones de adaptación debe ser tomado con precaución debido a las incertidumbres y a problemas metodológicos. Las medidas de adaptación han de proteger a la población más vulnerable y los activos naturales, sin olvidar que las medidas de adaptación son locales y, por tanto, las prioridades pueden variar regionalmente (Galindo *et ál.,* 2014). Y en cuarto lugar, la región puede reducir su nivel de vulnerabilidad al cambio climático y los costos de la adaptación a través procesos de integración regional.

Una evaluación detallada sobre el tema de la adaptación ante tormentas intensas y huracanes permite concluir que los planes, proyectos y medidas de adaptación en los países RIOCC deben incluir mínimamente las siguientes tareas y líneas de acción:

1. Para el caso específico de huracanes, es necesario:
    - 1.1. Preservar y restaurar ecosistemas costeros (humedales, dunas, manglares y arrecifes de coral) que puedan amortiguar las inundaciones por marejadas.
    - 1.2. Reacondicionar las playas y mejorar la infraestructura de protección costera, como los diques de contención.
    - 1.3. Elevar las construcciones y edificios vulnerables para reducir los daños causados por las inundaciones.
    - 1.4. Diseñar estructuras resistentes a los vientos fuertes y a los escombros que vuelan.
    - 1.5. Promulgar políticas que desalienten el desarrollo en las zonas vulnerables.
    - 1.6. Prepararse antes de la llegada de una tormenta por medio de cubrimiento de ventanas, limpiar las propiedades de posibles escombros voladores y tener un plan de evacuación.
2. Las siguientes medidas y líneas de acción de adaptación son válidas tanto para tormentas como para huracanes:
    - 2.1. Poner en marcha sistemas de alerta temprana y de gestión del riesgo contra los impactos de tormentas y huracanes, que incluye estos aspectos:
        - 2.1.1. Elaborar mapas de alta resolución espacial y dinámicos en el tiempo, y de zonificación de las áreas expuestas a diferentes grados de susceptibilidad y vulnerabilidad ante tormentas y huracanes.
        - 2.1.2. Establecer y poner en marcha programas, protocolos, canales y estrategias de comunicación (anterior y posterior a los eventos) a través de los medios masivos de comunicación y las redes sociales.
        - 2.1.3. Disponer de sistemas de comunicación eficaz entre las autoridades de gestión del riesgo y las comunidades asentadas en las áreas más expuestas y vulnerables, usando las redes sociales, las redes de telefonía celular comunitaria y las redes de radioaficionados.
        - 2.1.4. Diseñar, divulgar y apropiar socialmente los planes de evacuación y de atención a los refugiados climáticos.
        - 2.1.5. Actualizar de forma permanente las actividades de gestión del riesgo local y regional, y crear una cultura de simulacros de evacuación.
        - 2.1.6. Poner en funcionamiento programas permanentes de monitoreo hidrológico (lluvias, caudales, humedad del suelo, evapotranspiración) y atmosférico (velocidad del viento, humedad específica, temperatura, radiación), particularmente detallado durante las épocas de lluvias intensas y en la temporada de huracanes.
        - 2.1.7. Poner en funcionamiento redes de radares meteorológicos que garanticen el monitoreo continuo de tormentas intensas para informar los sistemas de alertas tempranas y establecer las condiciones iniciales y de frontera de modelos de pronóstico del tiempo atmosférico de alta resolución espacial y temporal.
        - 2.1.8. Mantener un programa permanente de pronóstico hidrometeorológico de los impactos de tormentas y huracanes sobre la generación de caudales y zonas de inundación y deslizamientos sobre las cuencas hidrográficas afectadas.
    - 2.2. Llevar a cabo planes de capacitación científica en niveles de maestría y doctorado en oceanografía, ciencias de la atmósfera, meteorología, climatología e hidrología.
    - 2.3. Detener la deforestación, desarrollar programas de reforestación y de restauración ecológica con múltiples especies, incluyendo bosques y otros biomas, manglares y arrecifes de coral.
    - 2.4. Incrementar el acceso a pago por servicios ambientales como un instrumento económico para detener la deforestación y la degradación ambiental, las cuales incrementan los impactos de huracanes, tormentas intensas e inundaciones, y a su vez contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático.

Los planes, políticas y acciones de adaptación en los países RIOCC exhiben una gran disparidad en cuanto a su contenido e implementación efectiva. Pareciera necesario establecer cronogramas precisos de acción con compromisos vinculantes para todos los países de la región. En particular, poco se ha avanzado en cuanto a programas de adaptación basados explícitamente en los tres enfoques de adaptación reconocidos en la bibliografía: (1) adaptación basada en

comunidades, la cual busca aumentar la capacidad de adaptación de las comunidades más vulnerables a los impactos del cambio y la variabilidad climática; (2) adaptación basada en ecosistemas, que integra el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, resulta costo-efectiva y genera beneficios sociales, económicos y culturales, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad, y (3) adaptación basada en infraestructura.

En la región RIOCC se dan los tres factores que dificultan el diseño e implementación de una estrategia robusta de cambio climático (Hallegatte, 2009, citado por Galindo *et ál.,* 2017): (1) limitaciones financieras y tecnológicas, (2) falta de información sobre costos y beneficios, y (3) limitaciones institucionales. El reto es modificar el marco de toma de decisiones para que la evaluación de proyectos incluya criterios que favorezcan la selección de políticas robustas de adaptación y mitigación.

Los planes, programas y acciones de adaptación deben ser definidos con base en la mejor investigación científica posible sobre el diagnóstico, modelación y pronóstico de tormentas y huracanes en las diferentes regiones. Se nota una fuerte debilidad en la mayoría de los países RIOCC relacionada con la falta de inversión en investigación científica y de capacidades tecnológicas de monitoreo y pronóstico de tormentas intensas y huracanes. Es necesaria la formación de recursos humanos a nivel de maestrías y doctorados en oceanografía, ciencias atmosféricas, meteorología, hidrología y climatología.

Además de las incertidumbres de los modelos climáticos con los cuales se toman decisiones de adaptación (debidas a parametrizaciones de procesos físicos, precariedad de representación de periodos pasados, etc.), las mayores incertidumbres están en los escenarios socioeconómicos futuros (crecimiento poblacional, tasas y tipos de consumo de recursos renovables y no renovables, reemplazo de energías fósiles por renovables, proyecciones económicas, etc.). Esto demanda desarrollar investigaciones transdisciplinarias vinculando las ciencias naturales y las ciencias sociales. La prevención y respuesta ante tormentas y huracanes contiene múltiples elementos culturales y sociales.

Los países RIOCC deben fortalecer las redes de infraestructura de monitoreo, diagnóstico y pronóstico hidrometeorológico. Para ello, deben financiar la puesta en marcha de sistemas de alertas tempranas ante tormentas intensas, huracanes, frentes fríos y heladas, lo cual requiere dotar de radares meteorológicos a las zonas más vulnerables. Por otra parte, es necesario concatenar esfuerzos regionales de prevención, planificación y respuesta ante eventos extremos. Esto se hace más necesario en países de AC y el Caribe.

Los países de la región deben frenar la deforestación no solo como estrategia de mitigación, sino también de reducción de los impactos de las tormentas y los huracanes en sinergia con la adaptación. Los servicios ecosistémicos que proveen los bosques valen mucho más que otras actividades que resultan de su destrucción. Por ejemplo, el compromiso de Colombia en el Acuerdo de París de alcanzar una meta de deforestación nula neta en la región amazónica (García-Arbeláez *et ál.,* 2016) es tímida, tardía e irreal, considerando las tasas de deforestación actuales de 2020. Esto es aún más grave dadas las inundaciones y deslizamientos cada vez más frecuentes en Colombia debido a tormentas intensas, las cuales causan un alto número de muertos y damnificados, destrucción de infraestructura y cosechas, parálisis de servicios públicos esenciales, etc. Por ello es indispensable implementar programas concretos de valoración honesta de los servicios ecosistémicos y ambientales, y de compensación y pago a las comunidades que conservan y restauran los ecosistemas y la vegetación natural.

Los efectos actuales y futuros del cambio climático requieren incorporar el conocimiento ancestral tradicional de los pueblos indígenas y comunidades campesinas en los planes de adaptación, en los contextos adecuados. Es necesario anotar que la gobernanza de la adaptación al cambio climático ha sido cuestionada en términos éticos y morales, dada la escasa representatividad y la voz que se da a las poblaciones más vulnerables y marginadas, así como a la representación de la naturaleza no humana (Adger *et ál.,* 2011, 2017; Adger y Nicholson-Cole, 2011; Hale *et ál.,* 2013; Eriksen *et ál.,* 2015).

En la gran mayoría de los países de la región existen vacíos y brechas en la legislación, y conflictos locales y regionales en la adopción de programas de adaptación, falta de ordenamiento territorial regional, escasas bases de datos sobre escenarios de riesgo, y sistemas de alerta temprana casi inexistentes, que desembocan en una falta de preparación ante tormentas y huracanes. También se identifican deficiencias en cuanto a la falta de capacidades en los niveles nacionales, pero más aún en los niveles regionales y municipales. Los análisis de vulnerabilidad de alta resolución espacial todavía son escasos en la región.

Por otra parte, la población vulnerable tiene la necesidad de conocer más en qué consiste el cambio climático, entender cuáles son sus niveles de exposición y las medidas de adaptación por adoptar. Los decisores tienen la necesidad de contar con información clara, oportuna y confiable para tomar decisiones en el corto, mediano y largo plazo. Esto es aún más crítico en el caso de tormentas y huracanes. Existen marcos institucionales emergentes y consolidados para la gestión del riesgo y la adaptación en los niveles nacionales, estatales/departamentales y municipales, pero su implementación ha sido precaria, con contadas excepciones. Entre las principales brechas y desafíos aún se observan fuertes vacíos de información hidrológica y climática, ausencia de estudios detallados de vulnerabilidad en sectores priorizados o a nivel territorial y étnico, y no existen lineamientos para la investigación, identificación de vulnerabilidades y formación de equipos transdisciplinarios.

9.9. Conclusiones

La región RIOCC está sometida a fuertes riesgos e impactos por tormentas intensas y huracanes debido a las amenazas naturales derivadas del cambio climático, incluyendo la mayor frecuencia, intensidad y duración de tormentas, rayos y descargas eléctricas, la intensificación de los huracanes de categorías 4 y 5, la destrucción de infraestructura costera, y la mortandad de manglares y arrecifes de coral, los cuales a su vez exacerban los factores de exposición y vulnerabilidad socioambiental. Entre estos últimos destacan la carencia de sistemas de alerta temprana completos y robustos, la densificación de zonas costeras y de montaña, la ausencia o incumplimiento de los planes de ordenamiento territorial, la deforestación, la pobreza, la debilidad y descoordinación interinstitucional, la mala gestión del riesgo, el atraso científico y tecnológico en el monitoreo y pronóstico hidrometeorológico, la falta de formación a nivel de posgrado en las ciencias relevantes, y la falta de cultura de aseguramiento contra riesgos.

La evaluación de los planes de adaptación de la región RIOCC indica una gran disparidad entre los países de la región. Algunos muestran avances significativos, como los casos de estudio presentados: el Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático de México, la puesta en marcha del Fondo Adaptación en Colombia, la creación del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN) en Brasil y el sistema cubano de protección contra huracanes y ciclones tropicales. Y aunque la mayoría de los países RIOCC no carece de planes en el papel, los avances en financiación y ejecución son incipientes y retrasados.

Contra la adaptación conspiran la falta de recursos financieros, humanos y técnicos, y la precaria gestión del riesgo. Además, se echan de menos planes de adaptación basada en ecosistemas. Se destaca el alto costo-efectividad de la adaptación y su contribución a los compromisos en el Marco de Sendai sobre la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030 y al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La adaptación también incide de manera positiva en la educación sobre amenazas naturales, vulnerabilidad y gestión del riesgo, lo cual facilita el proceso de toma de decisiones y la gobernanza socioambiental. Asimismo, la adaptación contribuye a prevenir la degradación y la pérdida de suelos, a mitigar el cambio climático, a proteger los ecosistemas y la biodiversidad, a salvar vidas humanas y animales, infraestructura y cosechas, y a reducir las pérdidas por deslizamientos e inundaciones, así como a garantizar el suministro de servicios públicos esenciales.

Las principales acciones de adaptación contra huracanes son: (i) preservar humedales, dunas, manglares y arrecifes de coral para disminuir el impacto de las marejadas; (ii) reacondicionar playas y mejorar infraestructura de protección costera; (iii) elevar construcciones y edificios vulnerables para reducir los daños por inundaciones; (iv) diseñar estructuras resistentes a los vientos fuertes y a escombros voladores; (v) promulgar políticas que desalienten el desarrollo en las zonas vulnerables; (vi) prepararse antes de la llegada de una tormenta cubriendo ventanas y limpiando las propiedades de posibles escombros voladores, y (vii) contar con un plan de evacuación. Además, las siguientes son medidas de adaptación válidas para tormentas y huracanes: (1) implementar sistemas de alerta temprana y de gestión del riesgo con todas las componentes discutidas; (2) formación y capacitación científica a nivel de posgrado en oceanografía, ciencias de la atmósfera, meteorología, climatología e hidrología; (3) detener la deforestación y desarrollar programas de restauración ecológica incluyendo bosques y otros biomas, manglares y arrecifes de coral, y (4) incrementar el acceso al pago por servicios ambientales como un instrumento económico para detener la deforestación y la degradación ambiental.

La adaptación deberá enfrentar los riesgos combinados de la variabilidad climática y el cambio climático, y por ello los países RIOCC deberán acelerar la investigación científica relevante, asignar los presupuestos adecuados y llevar a cabo los arreglos institucionales necesarios para implementar las tareas y líneas de acción prioritarias que demanda la adaptación.

Preguntas frecuentes

1. ¿Está aumentando la frecuencia e intensidad de los huracanes debido al cambio climático?

Aunque no es adecuado asignar la ocurrencia de un determinado huracán al cambio climático, dado que un evento es causado por diferentes factores regionales, hay evidencias científicas que muestran la intensificación de los huracanes del Atlántico, sobre todo los de mayor categoría (3 a 5). En las últimas tres décadas, las velocidades del viento en las tormentas más fuertes han aumentado más rápidamente en algunas áreas (Wang *et ál.,* 2017). La magnitud y probabilidad de las precipitaciones extremas durante el huracán Harvey fueron aumentadas por el cambio climático antropogénico (Risser y Wehner, 2018). Las proyecciones indican que los huracanes durante el siglo XXI serán más intensos debido al cambio climático (Ting *et ál.,* 2019).

2. ¿Está aumentando la frecuencia e intensidad de los fenómenos de El Niño y La Niña debido al cambio climático?

Existen evidencias sobre el posible vínculo entre el calentamiento global y la ocurrencia de El Niño (Cai *et ál.,* 2014) y La Niña (Cai *et ál.,* 2015). La variabilidad del interanual del ENSO ha aumentado en un 30 % (1920-2015) (Liguori y Di Lorenzo, 2018), y en el Pacífico oriental (Yang *et ál.,* 2018), y lo será cada vez más durante el siglo XXI.

3. ¿Está aumentando la frecuencia y potencia de las tormentas intensas debido al cambio climático?

Las proyecciones del IPCC indican un aumento de los eventos de tormentas intensas debido a la intensificación del ciclo hidrológico por calentamiento global. Por ello se espera que los eventos de tormentas potentes aumenten a una tasa más alta que la asociada con la variabilidad climática natural (Donat *et ál.,* 2016) en regiones húmedas y secas. Un reciente estudio (Lehmann *et ál.,* 2015) muestra evidencia científica del vínculo entre las tormentas más intensas ocurridas desde 1980 y el aumento de las temperaturas globales. Wasko y Sharma (2015) sugieren que la subida de las temperaturas por cambio climático podría aumentar la magnitud y frecuencia de crecientes súbitas de corta duración. El reciente informe del IPCC proyecta una mayor frecuencia, intensidad o cantidad de lluvias extremas sobre regiones continentales con un calentamiento de 2 °C en comparación con uno de 1,5 °C, en particular en zonas de montaña.

4. ¿Cuáles pueden ser las medidas de adaptación más urgentes y necesarias en relación con las tormentas y huracanes?

(1) Poner en funcionamiento sistemas de alertas tempranas y de evacuación con los siguientes componentes: (*i*) elaborar mapas de zonificación de las áreas expuestas a diferentes grados de susceptibilidad y vulnerabilidad; (*ii*) poner en funcionamiento estrategias y canales de comunicación entre las autoridades de gestión del riesgo y las comunidades en las áreas más expuestas y vulnerables (anterior y posterior a los eventos), usando medios de comunicación masiva, redes sociales, redes de telefonía celular comunitaria y de radioaficionados; (*iii*) actualizar permanentemente los programas de gestión del riesgo local y regional; (*iv*) fomentar la cultura de simulacros de evacuación; (*v*) impulsar la apropiación social de planes de evacuación y atención a refugiados; (*vi*) poner en marcha programas de monitoreo hidrológico y atmosférico continuo, incluyendo la instalación de redes de radares meteorológicos que garanticen el monitoreo continuo y en tiempo real de tormentas intensas; (*vii*) establecer centros de modelación y pronóstico meteorológicos e hidrológicos para la cuantificación de los impactos de tormentas y huracanes sobre caudales máximos, zonas de inundación y deslizamientos. (2) Mantener programas de formación científica en niveles de maestría y doctorado en oceanografía, ciencias de la atmósfera, meteorología, climatología e hidrología. (3) Detener la deforestación de las cuencas hidrográficas y desarrollar programas de reforestación y de restauración ecológica en ecosistemas terrestres y marinos (bosques, biomas, manglares y arrecifes de coral). (4) Poner en marcha programas de compensación y pago por servicios ecosistémicos y ambientales.

Bibliografía

Acero, F.J., J.A. García y M.C. Gallego, 2011: Peaks-over-threshold study of trends in extreme rainfall over the Iberian Peninsula. *J. Climate,* 24, 1089-1105.

ACFIMAN-SACC, 2018: *Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela* [Villamizar, A., E. Buroz Castillo, R. Lairet Centeno y J.A. Gómez (eds.)]. Ediciones ACFIMAN-CITECI, Caracas.

Adger, W.N., N. Brooks, M. Kelly, G. Bentham y S. Eriksen, 2004: *New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research,* Technical Report 7. University of East Anglia, Norwich, UK, 128 pp.

Adger, W.N. *et ál.,* 2011: This must be the place: under representation of identity and meaning in climate change decision-making. *Global Environmental Politics,* 11(2), 1-25, DOI: 10.1162/GLEP_a_00051

Adger, W.N. y S. Nicholson-Cole, 2011: Ethical dimensions of adapting to climate change imposed risks. En: *The Ethics of Global Climate Change* [D. Arnold (ed.)]. Cambridge: Cambridge University Press, 255-271.

Adger, W.N., C. Butler y K. Walker-Springett, 2017: Moral reasoning in adaptation to climate change. *Environmental Politics,* 26(3), 371-390, DOI: 10.1080/09644016.2017.1287624

AEMET, 2018: *Plan Nacional de Predicción y Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos Adversos.* Agencia Estatal de Meteorología, Madrid, España, 67 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/prediccion/avisos/plan_meteoalerta/plan_meteoalerta.pdf

Agroseguro, 2017: *Informe de la siniestralidad del ejercicio 2017.* Madrid, 10 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://agroseguro.es/fileadmin/propietario/Home/INFORMES_SINIESTRALIDAD/Informe__TOTAL_SINIESTRALIDADES_2017_17_octubre_2017.pdf

Aich, V., R. Holzworth, S.J. Goodman, Y. Kuleshov, C. Price y E. Williams, 2018: Lightning: A new essential climate variable, *Eos,* 99, publicado el 7 de septiembre de 2018, https://doi.org/10.1029/2018EO104583

Albrecht, R.I., S.J. Goodman, D.E. Buechler, R.J. Blakeslee y H.J. Christian, 2016: Where are the lightning hotspots on Earth? *Bull. Amer. Meteor. Soc.,* 97, 2051-2068, https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00193.1

Alfaro, E.J. y P.M. Pérez-Briceño, 2014: Análisis del impacto de fenómenos meteorológicos en Costa Rica, América Central, originados en los mares circundantes. *Revista de Climatología,* 14, 1-11.

Alvalá, R.C.S. y A. Barbieri, 2017: *Desastres Naturais. Mudanças climáticas em rede: Um olhar interdisciplinar* [Nobre, C.A. y J.A. Marengo (orgs.)]. São José dos Campos, SP, INCT, 203-230.

Álvarez Iragorri, A., 2016: *Bases legales y avances en políticas públicas para la adaptación al cambio climático en Venezuela: Una mirada desde los derechos humanos.* Phynatura, EDEPA, EcoJuegos, 23 pp.

APMT, Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, 2017: *Mecanismo de Adaptación.* Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.madretierra.gob.bo/index.php/direcciones/mecanismoconjunto-de-mitigacion-y-adaptacion

Amador, J.A., E.R. Rivera, A.M. Durán-Quesada, G. Mora, F. Sáenz, B. Calderón y N. Mora, 2016: The easternmost tropical Pacific. Part I: A climate review. *Int. J. Trop. Biol.,* 64, S1-S22.

Amador, J.A., H.G. Hidalgo, E.J. Alfaro, A.M. Durán-Quesada, B. Calderón, N. Mora y D. Arce, 2017: Central America [en «State of the Climate in 2016»]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.,* 98, 8, S181-S183.

Azorín-Molina, C., S. Tijm, E.E. Ebert, S.M. Vicente-Serrano y M.J. Estrela, 2014: Sea breeze thunderstorms in the eastern Iberian Peninsula. Neighborhood verification of HIRLAM and HARMONIE precipitation forecasts. *Atmos. Res.,* 139, 101-115.

Balaguru, K., G.R. Foltz y L.R. Leung, 2018: Increasing magnitude of hurricane rapid intensification in the central and Eastern tropical Atlantic. *Geoph. Res. Lett.,* 45, 4238-4247, https://doi.org/10.1029/2018GL077597

Banco Mundial, 2012: *Avaliação de perdas e danos: inundações e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro, enero de 2011.* Brasília, Banco Mundial, 59 pp.

Banco Mundial, 2016: *La experiencia de intervención en Gramalote: Un caso de reasentamiento en Colombia.* Evaluación de Medio Término del proceso de construcción y reconstrucción emprendido por el Fondo Adaptación (septiembre de 2011-diciembre de 2014). Econometría Consultores, Bogotá, 46 pp.

Barandiarán, M., M. Esquivel, S. Lacambra, G. Suarez y D. Zuloaga, 2019: *Resumen ejecutivo de la metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático.* Banco Interamericano de Desarrollo, Washington DC, Nota Técnica IDB-TN-01583, 39 pp.

Barragán, J.M. y M. de Andrés, 2016: Expansión urbana en las áreas litorales de América Latina y Caribe. *Revista de Geografía Norte Grande,* 64, 129-149, https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000200009

Batalla, R.J., C.M. Gómez y G.M. Kondolf, 2004: Reservoir-induced hydrological changes in the Ebro River basin (NE Spain). *J. Hydrol.,* 290, 117-136.

Beguería, S., S.M. Vicente-Serrano, J.I. López-Moreno y J.M. García-Ruiz, 2009: Annual and seasonal mapping of peak intensity, magnitude and duration of extreme precipitation events across a climatic gradient, North-east Iberian Peninsula. *Int. J. Climatol.,* 29, 1759-1779.

Begueria-Portugues, S. y S.M. Vicente-Serrano, 2006: Mapping the hazard of extreme rainfall by peaks-over-threshold extreme value analysis and spatial regression techniques. *J. Appl. Meteorol. And Climatol.,* 45, 108-124.

Bello, O., L. Ortiz y J. Samaniego, 2014: *La estimación de los efectos de los desastres en América Latina, 1972-2010.* Serie Medio Ambiente y Desarrollo, n.º 157, CEPAL, Santiago de Chile, 42 pp.

Blake, E.S., C.W. Landsea y E.J. Gibney: 2011. *The deadliest, costliest, and most intense United States tropical cyclones from 1851 to 2010 (and other frequently requested hurricane facts).* NOAA Technical Memorandum NWS NHC, I.M. Systems Group, NCDC Asheville, National Weather Service, National Hurricane Center, Miami, Florida, 47 pp.

Brazil, Ministry of Enviroment, 2016: *National Adaptation Plan: Volume I. General Strategy.* MMA Order 150, 10 de mayo de 2016. Ministry of Environment, Brasilia, MMA, 2. V.

Bündnis Entwicklung Hilft, 2019: *WorldRiskReport 2019.* Berlin, 71 pp.

Cai, W., S. Borlace, M. Lengaigne, P. van Rensch, M. Collins, G. Vecchi, A. Timmermann, A. Santoso, M.J. McPhaden, L. Wu, M.H. England, G. Wang, E. Guilyard y F.-F. Jin, 2014: Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming, *Nat. Clim. Chang.,* 4, 111-116.

Cai, W., G. Wang, A. Santoso, M.J. McPhaden, L. Wu, F.-F. Jin, A. Timmermann, M. Collins, G. Vecchi, M. Lengaigne, M.H. England, D. Dommenget, K. Takahashi y E. Guilyardi, 2015: Increased frequency of extreme La Niña events under greenhouse warming, *Nat. Clim. Chang.,* 5, 132-137.

CAF, 2013: *Programa de Adaptación al Cambio Climático.* CAF, Santiago de Chile, 42 pp. https://www.caf.com/media/8167/caf_programa_adaptacion_cambio_climatico.pdf

CAF, 2014: *Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe.* Caracas: CAF. Santiago de Chile. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://scioteca.caf.com/handle/123456789/517

Cai, W., McPhaden, M.J., A.M. Grimm, R. R. Rodrigues, A.S. Taschetto, R.D. Garreaud, B. Dewitte, G. Poveda, Y. Ham, A. Santoso, B. Ng, W. Anderson, G. Wang, T. Geng, H. Jo, J.A. Marengo, L.M. Alves, M. Osman, S. Li, L. Wu, C. Karamperidou, K. Takahashi y C. Vera, 2020: Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. *Nat Rev Earth Environ.,* 1, 215-231, https://doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3

Cardona, O., 2001: *Diseño del Sistema Nacional de Prevención, Mitigación y Respuesta – PMR (Gestión de Riesgos).* La RED, Panamá, Panamá. Documento consultado el 30 de enero de 2018, https://www.desenredando.org/public/varios/2002/pdrd/4-1SPDC_F-may_28_2002.pdf

CCRIF, Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility, 2015: *Understanding CCRIF. A Collection of Questions and Answers.* CCRIF SPC, Grand Cayman, Cayman Islands, 71 pp.

CENAPRED, 2019: *Atlas Nacional de Riesgos.* Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

Centro Nacional de Protección Civil, 2019: *Sistema de alerta temprana para ciclones tropicales, SIAT-CT.* México, 38 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428441/MANUAL_SIAT_CT_2019.pdf

Cheng, L., J. Zhu, J., J. Abraham *et ál.,* 2019: 2018 Continues record global ocean warming. *Adv. Atmos. Sci.,* 36, 249-252. https://doi.org/10.1007/s00376-019-8276-x

Cheng, L. y J. Zhu, 2018: 2017 was the warmest year on record for the global ocean. *J. Adv. Atmos. Sci.,* 35, 261-263. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://doi.org/10.1007/s00376-018-8011-z

Chile, Ministerio de Medio Ambiente, 2015: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático,* Santiago, 79 pp.

Chile, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio del Medio Ambiente, 2017: *Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022,* Santiago, 125 pp.

CIMHET, 2019: *Conferencia de Directores de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Iberoamericanos (SMHI).* Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.cimhet.org/

Cilento, A., 2002: Sobre la vulnerabilidad urbana de Caracas. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales,* 8(3). Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/venezuela/rvecs/3.2002/sarli.doc

Clark, K.E., A.J. West, R.G. Hilton, G.P. Asner, C.A. Quesada, M.R. Silman, S.S. Saatchi, W. Farfan-Rios, R.E. Martin, A.B. Horwath, K. Halladay, M. New y Y. Malhi, 2016: Storm-triggered landslides in

the Peruvian Andes and implications for topography, carbon cycles, and biodiversity. *Earth Surf. Dynam.,* 4, 47-70. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://doi.org/10.5194/esurf-4-47-2016

CNE, Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2015: *Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030.* CNE, San José, Costa Rica. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://politica.cne.go.cr/index.php/politica/politica-nacional-de-gestion-del-riesgo-2016-2030

Colombia-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014: *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.* Bogotá DC, 115 pp.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2012: *Valoración de daños y pérdidas. Ola invernal en Colombia, 2010-2011.* Bogotá: Misión BID-CEPAL, 240 pp.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2015: *Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas: Una Convocatoria para la Resiliencia de México (2015-2020).* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://redparques.com/wp-content/uploads/2016/11/ECCAP.pdf

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2017: *Programas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas.* Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.gob.mx/conanp/documentos/programas-de-adaptacion-al-cambio-climatico-en-areas-naturales-protegidas

Colombia. Contraloría General de la República, 2017: *Según una nueva auditoría de la Contraloría: Fondo Adaptación sigue con manejo ineficiente de sus recursos e incumpliendo tiempos de ejecución de las obras.* Comunicado de Prensa n.° 160, Bogotá, 12 de octubre. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.contraloria.gov.co/contraloria?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_groupId%3D0&_101_assetEntryId=843721&_101_type=content&_101_urlTitle=segununa-nueva-auditoria-de-la-contraloria-fondo-adaptacion-sigue-conmanejo-ineficiente-de-sus-recursos-e-incumpliendo-tiempos-deejecucion-de-las-o&redirect=https%3A%2F%2Fwww.contraloria.gov.co%3A443%2Fcontraloria%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_groupId%3D0%26_3_keywords%3Dfondo%2Badaptaci%25C3%25B3n%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26_3_redirect%3D%252F%253Fp_p_id%253D3%2526p_p_lifecycle%253D0%2526p_p_state%253Dmaximized%2526p_p_mode%253Dview%2526_3_groupId%253D0&inheritRedirect=true

Colombia, DNP, 2012: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), ABC: Adaptación Bases Conceptuales.* Departamento Nacional de Planeación, Bogotá, 74 pp.

Colombia, MinAmbiente, MinTransporte, Invemar, 2017: *Plan de Gestión del Cambio Climático para los Puertos Marítimos de Colombia,* 76 pp.

Colombia, MADS, 2017: *Política Nacional de Cambio Climático.* Documento para Tomadores de Decisiones. Dirección de Cambio Climático: Florián Buitrago *et ál.* (eds.), Bogotá DC, 70 pp.

Colombia, Ministerio de Transporte, 2014: *Plan VÍAS-CC: Vías Compatibles con el Clima, Plan de Adaptación de la Red Vial Primaria de Colombia.* Bogotá, 40 pp.

CONANP, 2015: *Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas.* CONANP, Ciudad de México, 62 pp.

Consorcio de Compensación de Seguros, 2016: *Estadística: riesgos extraordinarios. Serie 1971-2016.* Consorcio de Compensación de Seguros, Madrid, 147 pp.

Consorcio de Compensación de Seguros, 2018: *Informe Anual 2018.* Documento consultado el 10 de febrero de 2020, https://www.consorseguros.es/web/documents/10184/0/INFORME_ANUAL_17.pdf/66f2baa0-0daa-4928-b541-45e47b943b57

Cortés, M., M. Turco, P. Ward, J.A. Sánchez-Espigares, L. Alfieri y M.C. Llasat: 2019: Changes in flood damage with global warming on the eastern coast of Spain, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.,* 19, 2855-2877, https://doi.org/10.5194/nhess-19-2855-2019

Díez-Herrero, A., G. Benito y J. Garrote, 2010: *El riesgo de inundaciones en la provincia de Toledo.* Diputación Provincial de Toledo, Toledo, 29 pp.

DGPCyE, 2020: *Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH).* Documento consultado el 9 de febrero de 2020, http://www.proteccioncivil.es/riesgos/inundaciones/cnih

Domínguez-Castro, F., R.M. Trigo y J.M. Vaquero, 2013: The first meteorological measurements in the Iberian Peninsula: evaluating the storm of November 1724. *Clim. Chang.,* 118, 443-455.

Donat, M.G., A.L. Lowry, L.V. Alexander, P.A. O'Gorman y N. Maher, 2016: More extreme precipitation in the world's dry and wet regions. *Nat. Clim. Chang.,* 6, 508-513.

Doswell, C.A., C. Ramis, R. Romero y S. Alonso, 1998: A diagnostic study of three heavy precipitation episodes in the western Mediterranean region. *Wea. Forecasting,* 13, 102-124, https://doi.org/10.1175/1520-0434(1998)013<0102:ADSOTH>2.0.CO;2

Duro, S., E. Sánchez y J.C. Cuevas, 2013: *Cobertura del riesgo de pedrisco en el sistema español de seguros agrarios. Actuarios.* Instituto de Actuarios Españoles, Madrid, 31-39.

El Confidencial, 2015: *Las imágenes de las inundaciones del Ebro en Aragón y Navarra.* Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.elconfidencial.com/multimedia/album/espana/2015-03-01/las-imagenes-de-las-inundaciones-del-ebroen-aragon-y-navarra_720063#0

Eriksen, S.H., A.J. Nightingale y H. Eakin, 2015: Reframing adaptation: the political nature of climate change adaptation. *Global Environmental Change,* 35, 523-533, DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2015.09.014

Espejo, F., 2008: Hacia una tipología de inundaciones en la cuenca del Ebro en función de sus causas atmosféricas. *Geographicalia,* 53, 73-100.

Fernández, A., 2006: El sistema español de seguros agrarios. *ICE, Revista de Economía,* 833, 87-99, https://www.mapa.gob.es/es/enesa/publicaciones/37_folleto_esp_tcm30-130438.pdf

Fernández, M.A., S.J. Bucaram, y W. Renteria, 2015: Assessing local vulnerability to climate change in Ecuador. *SpringerPlus,* 4, 738. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://doi.org/10.1186/s40064-015-1536-z

Foro Económico Mundial, 2019: *Informe de riesgos mundiales 2019.* Ginebra, 14.ª edición, 108 pp.

Fortunato, A.B., E.P. Meredith, M. Rodrigues *et ál.,* 2019: Near-future changes in storm surges along the Atlantic Iberian coast. *Nat. Hazards,* 98, 1003-1020, https://doi.org/10.1007/s11069-018-3375-z

Galindo, L.M., J. Samaniego, J.E. Alatorre y J. Ferrer, 2014: *Procesos de adaptación al cambio climático. Análisis de América Latina.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, 31 pp.

Galindo, L.M., J. Samaniego, A. Beltrán, J. Ferrer Carbonell J.E. Alatorre, 2017*: Portafolio de políticas públicas de adaptación al cambio climático y mitigación de sus efectos con beneficios adicionales o «sin arrepentimiento» en América Latina.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, 62 pp.

Gallego, M.C., R.M. Trigo, J.M. Vaquero, M. Brunet, J.A. García, J. Sigró y M.A. Valente, 2011: Trends in frequency índices of daily precipitation over the Iberian Peninsula during the last century. *J. Geophys. Res. Atmos.,* 116, D02109, 28, DOI: 10.1029/2010JD014255

García, C., 2013: *Evolución temporal de la frecuencia, magnitud y daños por inundaciones, e identificación de los factores determinantes.* Trabajo fin de Máster. Máster Universitario en Técnicas de análisis, evaluación y gestión sostenible de procesos y riesgos naturales. Universidad de Cantabria, 29 pp.

García-Arbeláez, C., G. Vallejo, M.L. Higgings y E.M. Escobar, 2016: *El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático,* 1.ª edición. WWF-Colombia. Cali, Colombia. 52 pp.

García-Ruiz, J.M., S. White, C. Mart *et ál.,* 1996: *La catástrofe del barranco de Arás (Biescas, Pirineo Aragonés) y su contexto espaciotemporal.* Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza, España, 54 pp.

Gilabert, J. y M.C. Llasat, 2018: Circulation weather types associated with extreme flood events in Northwestern Mediterranean. *Int. J. Climatol,* 38, 1864-1876, DOI: 10.1002/joc.5301

Giorgi, F., 2006: Climate change hot-spots. *Geophys. Res. Lett.,* 33, L08707, DOI: 10.1029/2006GL025734

Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica, 2018: *Cuarto Informe de Seguimiento del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Madrid, España, 83 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.miteco.gob.es/es/cambioclimatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/4informeseguimientopnacc_tcm30-485659.pdf

Gobierno de España, Ministerio para la Transición Ecológica, 2019: *Informe de Evaluación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Madrid, España, 370 p. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.miteco.gob.es/es/cambioclimatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeevaluacion_pnacc_tcm30-499212.pdf

Gobierno de la República Mexicana, 2013: *Estrategia Nacional de Cambio Climático.* SEMARNAT, Ciudad de México, 64 pp.

Gobierno de la República Mexicana, 2016: *Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de México.* Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Ciudad de México, 10 pp.

González-Alemán, J.J., S. Pascale, J. Gutiérrez-Fernández, H. Murakami, M.A. Gaertner y G.A. Vecchi, 2019: Potential increase in hazard from Mediterranean hurricane activity with global warming. *Geoph. Res. Lett.,* 46, 1754-1764.

González-Hidalgo, J.C., M. Brunetti y M. De Luis, 2011: A new tool for monthly precipitation analysis in Spain: MOPREDAS database (monthly precipitation trends December 1945-November 2005). *Int. J. Climatol.,* 31, 715-731.

Gurdak, J.J., M. Leblanc, A. Aureli *et ál.,* 2018: *GRAPHIC position paper and call to action. Groundwater and climate change: Mitigating the global groundwater crisis and adapting to climate change.* UNESCO International Hydrological Programme (IHP), Paris, France, 12 pp.

Gutiérrez, V., 2016: *Episodios de Inundaciones en España 1995-2014.* Trabajo de Fin de Máster en Análisis de Gestión de Emergencias y Desastres. Universidad de Oviedo, 47 pp.

Hale, B., A.P. Hermans y A. Lee, 2013: Climate adaptation, moral reparation, and the baseline problem. En: *Successful adaptation to climate change: linking science and policy in a rapidly changing world* [Moser, S.C. y M.T. Boykoff (eds.)]. Routledge, London, 67-80.

Hallegatte, S., 2009: Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change,* 19(2), 240-247.

Hartmann, D.L. *et ál.,* 2013: Observations: Atmosphere and Surface. En: *Climate Change 2013: The Physical 21 Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the 22 Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University 24 Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 159-254.

Hernández, B., 2002: El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y los frentes fríos que arriban a la región occidental cubana. *Investigaciones Marinas,* 30(2), 3-19. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782002000200001

Hidalgo, H.G., J.A. Amador, E.J. Alfaro y B. Quesada, 2013: Hydrological climate change projections for Central America. *J. Hydrol.,* 495, 94-112.

Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, M. Bindi, S. Brown, I. Camilloni, A. Diedhiou, R. Djalante, K.L. Ebi, F. Engelbrecht, J.Guiot, Y. Hijioka, S. Mehrotra, A. Payne, S.I. Seneviratne, A. Thomas, R. Warren y G. Zhou, 2018: Impacts of 1.5.C Global Warming on Natural and Human Systems. En: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. P.rtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. P.an, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. En prensa.

Hoffmann, D., 2015: *Navegando futuro* «Dos experiencias de adaptación *al cambio climático en Bolivia*». Fundación Friedrich Ebert, 188 pp.

IGAC-IDEAM-DANE, 2011: *Reporte final de áreas afectadas por las inundaciones 2010-2011.* Disponible en: http://www.dane.gov.co/files/noticias/Reunidos_presentacion_final_areas.pdf

IMN (Instituto Meteorológico Nacional), 2016: *El huracán Otto/Informe técnico.* San José de Costa Rica. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Informe+IMN+Hurac%C3%A1n+Otto

INECC, 2018: *Evaluación estratégica del avance subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático.* Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Ciudad de México, 250 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/227/844_2018_Evaluacion%20estrategica_politica_nacional_CC.pdf?sequence=6&isAllowed=y

INSIVUMEH, 2016: *Plan Operativo Institucional de Temporada Ciclónica 2016,* Guatemala. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/climaticos/Plan%20Temporada%20Ciclonica%202016.pdf

Jaramillo, L., G. Poveda y J.F. Mejía, 2017: Mesoscale convective systems and other precipitation features over the tropical Americas and surrounding seas as seen by TRMM. *Int. J. Climatol.,* 37, 380-397.

Jiménez, R., R. Amit, y R. Vindas, 2011: *Políticas de cambio climático en Costa Rica, integrando esfuerzos para asumir los retos.* Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Documento consultado el 29 de enero de 2018, http://biblioteca.clacso.edu.ar/Costa_Rica/cicde-uned/20170628054324/pdf_709.pdf

Kang, N.-Y. y J.B. Elsner, 2015: Trade-off between intensity and frequency of global tropical cyclones. *Nat. Clim. Chang.,* 5, 661. DOI: 10.1038/nclimate2646

Keellings, D. y J.J. Hernández Ayala, 2019: Extreme rainfall associated with Hurricane Maria over Puerto Rico and its connections to climate variability and change. *Geoph. Res. Lett.,* 46, https://doi.org/10.1029/2019GL082077

Kossin, J.P., 2018: A global slowdown of tropical-cyclone translation speed. *Nature,* 558(7708), 104-107.

Kreft, S., D. Eckstein y I. Melchior, 2017: *Global climate risk index 2017.* Germanwatch, Bonn, 30 pp.

Lavell, A., 2000: Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre: el caso del huracán Mitch en Centroamérica. En: *Del desastre al desarrollo humano sostenible en Centroamérica* [Garita, N. y J. Nowalski (eds.)]. Banco Interamericano de Desarrollo-Centro Internacional para el Desarrollo Humano Sostenible, Costa Rica, pp. 7-45.

Lehmann, J., D. Coumou y K. Frieler, 2015: Increased record-breaking precipitation events under global warming. *Clim. Chang.,* 132, 501.

Liguori, G. y E. Di Lorenzo, 2018: Meridional modes and increasing Pacific decadal variability under anthropogenic forcing. *Geoph. Res. Lett.,* 45, https://doi.org/10.1002/2017GL076548

Llasat, M.C. y M. Puigcerver, 1997: Total rainfall and convective rainfall in Catalonia, Spain. *Int. J. Climatol.,* 17, 1683-1695.

Llasat, M.C., R. Marcos, M.A. Llasat-Botija, J. Gilabert, M. Turco y P. Quintana-Seguí, 2014: Flash flood evolution in North-Western Mediterranean. *Atmos. Res.,* 149, 230-243.

López Blanco, J., 2016: *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC).* Encuentro Nacional de Respuestas al Cambio Climático Calidad del Aire, Mitigación y Adaptación, Ciudad de México, 27 de junio de 2016.

Ludeña, C.E. y D. Ryfisch, 2015: *Uruguay: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.* Banco Interamericano de Desarrollo, Nota técnica n.° 860 (IDB-TN-860). Washington DC, 26 pp.

Magrin, G.O., 2015: *Adaptación al Cambio Climático en América Latina y el Caribe.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, 78 pp.

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken *et ál.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

Maldonado, T., A. Rutgersson, E. Alfaro, J. Amador y B. Claremar, 2016: Interannual variability of the midsummer drought in Central America and the connection with sea surface temperaturas. *Adv. Geosci.,* 42, 35-50, DOI: 10.5194/adgeo-42-35-2016

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales), 2014: *Programa Ambiental de Gestión de Riesgo de Desastres y Cambio Climático (PAGRICC).* MARENA, Managua, Nicaragua. Documento consultado el 30 de enero de 2018, http://www.marena.gob.ni/2018/11/06/programa-ambiental-de-gestion-de-riesgo-de-desastres-y-cambio-climatico/

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2018: *Plan Nacional de Cambio Climático de El Salvador (PNCC).* MARN, San Salvador, El Salvador. Documento consultado el 19 de noviembre de 2019, http://rcc.marn.gob.sv/xmlui/handle/123456789/89

Martín, C. y J. Rubiera, 2009: *Examples of best practice in communication weather information.* World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, WMO/TD n.° 1409 PWS-17, 24 pp.

Martín-Vide, J.P. y M.C. Llasat, 2018: The 1962 flash flood in the Rubí stream (Barcelona, Spain). *J. Hydrology,* 566, 441-454.

Millán, M.M., M.J. Estrela y J. Miró, 2005: Rainfall components: variability and spatial distribution in a Mediterranean area (Valencia Region). *J. Climate,* 18, 2682-2705, https://doi.org/10.1175/JCLI3426.1

MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú), 2011: *Mapa de vulnerabilidad física del Perú. Herramienta para la Gestión de Riesgo.* Lima, 51 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1851/doc1851-contenido.pdf

MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú), 2015: *Estrategia Nacional ante el Cambio Climático.* Lima, 85 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018: *AbE. Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia.* Bogotá DC, Colombia, 156 pp.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016: *Plan nacional de contingencia del sector de agua potable y saneamiento básico para temporada de lluvias y posible fenómeno La Niña 2016-2018.* Bogotá, Colombia, 33 pp.

Ministerio del Ambiente, 2015: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Santiago de Chile, 80 pp.

Montoya, G. y R. Palomino, 2005: Sistemas pluviogenéticos en Colombia: influencia de frentes fríos del hemisferio norte. *Meteorol. Colomb.* 9, 75-82.

Moore, K.D. y M.P. Nelson (eds.), 2010: *Moral Ground: Ethical Action for a Planet in Peril.* Trinity University Press, San Antonio, Texas, 464 pp.

Murakami, H., E. Levin, T.L. Delworth, R. Gudgel y P.-C. Hsu, 2018: Dominant effect of relative tropical Atlantic warming on major hurricane occurrence. *Science,* 362(6416), 794-799.

MVOTMA, 2010: *Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático.* Montevideo, Uruguay, 99 pp.

Naciones Unidas, 2019: *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019,* Nueva York, 60 pp.

Nieto, R., L. Gimeno, J.A. Añel, L. De la Torre, D. Gallego, D. Barriopedro, M. Gallego, A. Gordillo, A. Redaño y G. Delgado, 2007: Analysis of the precipitation and cloudiness associated with COLs occurrence in the Iberian Peninsula. *Meteorol. Atmos. Phys.,* 96, 1-2, 103-119, https://doi.org/10.1007/s00703-006-0223-6

NOAA, 2017: *Satellite Data and Information Service.* Imagen descargada del archivo en línea RAMSDIS *on-line* desde http://rammb.cira.colostate.edu/ramsdis/

NOAA, 2018: *Costliest U.S. tropical cyclones tables updated.* National Hurricane Center, Miami. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.nhc.noaa.gov/news/UpdatedCostliest.pdf

Nunes, A.M.P., M.A.F. Silva Dias, E.M. Anselmo y C.A. Morales, 2016: Severe convection features in the Amazon basin: A TRMM-based 15-year evaluation. *Frontiers in Earth Science,* 4, 37 pp., DOI: 10.3389/feart.2016.00037

Núñez Mora, J.J., J. Riesco Martín y M.A. Mora García, 2019: *Climatología de Descargas Eléctricas y de Días de Tormenta en España.* Agencia Estatal de Meteorología, Madrid, España, 139 pp.

Nurse, L.A., R.F. McLean, J. Agard, L.P. Briguglio, V. Duvat-Magnan, N. Pelesikoti, E. Tompkins y A. Webb, 2014: Small Islands. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken *et ál.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1613-1654.

Olcina, J., 2017: *Políticas de reducción del riesgo de inundaciones y sequías en España.* Conferencia científica, Universidad de Málaga, Málaga, 16 pp.

Ollero, A., 1989: Dinámica del cauce y de la llanura de inundación del Río Ebro en el término de Alfaro. *Cuadernos de Investigación Geográfica,* 15, 47-57.

Ortiz-Royero, J.C., L.J. Otero, J.C. Restrepo, J. Ruiz y M. Cadena, 2013: Cold fronts in the Colombian Caribbean Sea and their relationship to extreme wave events. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.,* 13, 2797-2804, https://doi.org/10.5194/nhess-13-2797-2013

Padilla y Sotelo, L.S., 2000: La población en la región costera de México en la segunda mitad del siglo xx. *Investigaciones Geográficas,* 41, 81-95. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112000000100006&lng=es&tlng=es

Paraguay, Secretaría del Ambiente, 2015: *Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Asunción, 54 pp.

Patricola, C.M. y M.F. Wehner, 2018: Anthropogenic influences on major tropical cyclone events. *Nature,* 563(7731), 339-346.

Pielke Jr., R.A., J. Rubiera, C. Landsea, M.L. Fernández y R. Klein, 2003: Hurricane vulnerability in Latin America and the Caribbean: Normalized damage and loss potentials. *Nat. Hazards Rev.,* 4, 101-114.

Planos, E.O., R. Rivero y V. Guevara, 2012: *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba.* Red Ciencia, La Habana, Cuba. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2012_Planos_Impacto%20y%20Adaptacion,%20Libro.pdf

Protección Civil, 2017: *Plan Invernal.* Protección Civil, Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, San Salvador, El Salvador, http://proteccioncivil.gob.sv/plan-invernal-2017-plan/

Rasmussen, K.L., M.D. Zuluaga y R.A. Houze Jr., 2014: Severe convection and lightning in subtropical South America. *Geophys. Res. Lett.,* 41, 7359-7366.

República del Ecuador, Ministerio del Ambiente, 2012: *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025.* Quito, 89 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.corporacionpba.org/img/Estrategia_Cambio_Climatico_Ecuador.pdf

Rigo, T. y M.-C. Llasat, 2007: Analysis of mesoscale convective systems in Catalonia using meteorological radar for the period 1996-2000. *Atmos. Res.,* 83(2-4 SPEC. ISS.), 458-472.

Risser, M. D. y M.F. Wehner, 2017: Attributable human-induced changes in the likelihood and magnitude of the observed extreme precipitation during hurricane Harvey. *Geo. Res. Lett.,* 44, 12,457-12,464.

Romero, R., C.A. Doswell y C. Ramis, 2000: Mesoscale numerical study of two cases of long-lived quasi-stationary convective systems over eastern Spain. *Mon. Wea. Rev.,* 128, 3731-3751, https://doi.org/10.1175/1520-0493(2001)129<3731:MNSOTC>2.0.CO;2

Romps, D.M., J.T. Seeley, D. Vollaro y J. Molinari, 2014: Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming, *Science,* 346, 851-854.

Rubiera, J., 2012: The tropical cyclone early warning system of Cuba. En: *Institutional Partnership in Multi-Hazard Early Warning Systems: A Compilation of Seven National Good Practices and Guiding Principles,* 9-28. Springer, London-New York, ISBN 9783642253720.

Salamanca, L. y R. Quiroga, 2010: La Gestión del Riesgo en Bolivia. En: *Estado Ambiental de Bolivia.* LIDEMA, La Paz, 107-136.

Salio, P., M. Nicolini y E.J. Zipser, 2007: Mesoscale convective systems over southeast South America and their relationship with the South American low-level jet. *Mon. Wea. Rev.,* 135, 1290-1309.

Sánchez, L. (ed.), 2017: *La economía del cambio climático en América Latina y El Caribe: una visión gráfica.* CEPAL, UN, Serie Documentos de Proyectos, Santiago de Chile, 62 pp.

Sánchez, J., A. Merino, P. Melcón *et ál.,* 2017: Are meteorological conditions favoring hail precipitation change in southern Europe? Analysis of the period 1948-2015. *Atmos. Research,* 198, DOI: 10.1016/j.atmosres.2017.08.003

Santos, M.S., L. Mediero, C.H.R. Lima y L.Z. Moura, 2018: Links between different classes of storm tracks and the flood trends in Spain. *J. Hydrology,* 567, 71-85.

SEAM/PNUD/FMAM, 2017: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Proyecto TCN e IBA. Asunción, Paraguay, 160 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://dncc.seam.gov.py/wp-content/uploads/2018/11/Plan-Nacional-de-Adaptaci%C3%B3n-al-CC-2017.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013: *Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40,* 1.ª edición. SEMARNAT, México. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/06_otras/ENCC.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014: *Versión de Difusión del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018* (PECC 2014-2018). Gobierno de la República, México, 91 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.cenapred.unam.mx/es/documentosWeb/Avisos/cambio_climatico.pdf

SEGOB-Banco Mundial, 2012: *FONDEN: El Fondo de Desastres Naturales de México: una reseña.* Ciudad de México, 82 pp.

SEMARENA/PNUD/GEF, 2015: *Estado del Arte de la Adaptación al Cambio Climático en la República Dominicana.* Santo Domingo, República Dominicana, 98 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.redacs.org/index.php?option=com_content&view=article&id=475:estado-del-arte-de-la-adaptacion-al-cambio-climatico-en-la-republica-dominicana&catid=67:cambio-climatico

SEMARENA/PNUD/GEF, 2016: *Plan Nacional de Adaptación para el Cambio Climático en la República Dominicana 2015-2030 (PNACCRD).* Santo Domingo, República Dominicana, 81 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2018/03/Plan-Nacional-de-Adaptaci%C3%B3n-para-el-

Cambio-Clim%C3%A1tico-en-la-Rep%C3%BAblica-Dominicana-2015-2030-PNACC.pdf

SEMARNAT, 2017: *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018.* SEMARNAT, Ciudad de México, 92 pp.

SEMARNAT, 2019a: *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático* (libro digital). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Ciudad de México, 220 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf

SEMARNAT, 2019b: *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (Guía Portal ANVCC) – México.* Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Ciudad de México, 220 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/GuiaPortalANVCC.pdf

SERNA, 2010: *Estrategia nacional de cambio climático de la República de Honduras (ENCC).* Tegucigalpa, 109 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.fecomol.org/pdf/ENCC_HONDURAS_VERSION_LARGA_.pdf

Serrano, A., J.A. García, V.L. Mateos, M.L. Cancillo y J. Garrido, 1999: Monthly modes of variation of precipitation over the Iberian Peninsula. *J. Climate,* 12, 2894-2919.

SINAE, Sistema Nacional de Emergencias, 2013: *Informe Nacional del Progreso en la Implementación del Marco de Acci.n de Hyogo (2011-2013),* Pablo Brugnoni, abril de 2013.

SINAPRED, 2008: *Plan Nacional de Respuesta del SINAPRED.* Managua, Nicaragua, 65 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.preventionweb.net/english/professional/policies/v.php?id=21497

SINAPROC, 2011: *Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres 2011-2015, Panamá.* Documento consultado el 28 de mayo de 2019, http://www.cac.int/sites/default/files/Panam%C3%A1._Plan_Nacional_Gesti%C3%B3n_Riesgo.pdf

SINAPROC, 2019: *Sistema Nacional de Protección Civil, México.* Documento consultado el 3 de febrero de 2020, http://www.secofisniim.gob.mx/sicia/ProteccionCivil.pdf

SNRCC (Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático), 2014: *Cinco años de respuestas ante los desafíos del cambio climático y la variabilidad climática en Uruguay.* Montevideo, Uruguay, mayo de 2014.

Stephenson, T.S., M.A. Taylor, A.R. Trotman, C.J. van Meerbeeck, A.O. Porter, S. Etienne-LeBlanc, M. Hernández, I.T. Gonzalez, V. Cuti., D. Boudet, C. Fonseca, S. Willie, J.M. Spence, K. Kerr, A. Aaron-Morrison, G. Tamar, R. Stennett-Brown y J.D. Campbell, 2017: Caribbean. En: «State of the Climate in 2016». *Bull. Amer. Meteor. Soc.,* 98, 8, S183-S185.

Stone, R., 2018: Cuba's 100-year plan for climate change. *Science,* 359, 6372, 144-145.

Ting, M., J.P. Kossin, S.J. Camargo y C. Li, 2019: Past and future hurricane intensity change along the U.S. East Coast. *Sci. Rep.,* 9, 7795.

Trenberth, K.E., L. Cheng, P. Jacobs, Y. Zhang y J. Fasullo, 2018: Hurricane Harvey links to ocean heat content and climate change adaptation. *Earth's Future,* 6, 730-744, https://doi.org/10.1029/2018EF000825

Turco, M., S. Jerez, F.J. Doblas-Reyes *et ál.,* 2018: Skilful forecasting of global fire activity using seasonal climate predictions. *Nat. Commun.,* 9, 2718, DOI: 10.1038/s41467-018-05250-0

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2017: *Opportunities and options for integrating climate change adaptation with the Sustainable Development Goals and the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.* United Nations Climate Change Secretariat, Bonn, 27 pp.

UNISDR (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres), 2016: *Impacto de los desastres en América Latina y El Caribe, 1990-2013.* Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo y Corporación OSSO, 70 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.unisdr.org/we/inform/publications/48578

UNISDR y PNUD, 2011: *Diagnóstico del Estado de la Reducción del Riesgo de Desastres, Informe Uruguay,* junio 2011, con participación de CEPAL, OPS, PNUMA y UNESCO. Montevideo, Uruguay, 65 pp. Documento consultado el 3 de febrero de 2020, https://www.eird.org/publicaciones/informe-uruguay.pdf

Vaquero, J.M., R. García-Herrera, D. Wheeler, M. Chenoweth y C.J. Mock, 2008: A historical analog of 2005 hurricane Vince. *Bull. Amer. Meteor. Soc.,* 89, 191-202, https://doi.org/10.1175/BAMS-89-2-191

Velasco, I. y J.M. Fritsch, 1987: Mesoscale convective complexes in the Americas. *J. Geoph. Res.,* 92, 9591-9613.

Vecchi, G.A. y T.R. Knutson, 2008: On estimates of historical North Atlantic tropical cyclone activity. *J. Climate,* 21, 3580-3600, https://doi.org/10.1175/2008JCLI2178.1

Vergara, W., A.R. Ríos, L.M. Galindo, P. Gutman, P. Isbell, P.H. Suding y J. Samaniego, 2014: *El desafío climático y de desarrollo en América Latina y el Caribe: Opciones para un desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono.* Banco Interamericano de Desarrollo, Washington DC, 109 pp.

Vicente-Serrano, S.M., C. Azorín-Molina, A. Sanchez-Lorenzo, E. Morán-Tejeda, J. Lorenzo-Lacruz, J. Revuelto, J.I. López-Moreno y F. Espejo, 2014: Temporal evolution of surface humidity in Spain: recent trends and possible physical mechanisms. *Clim. Dyn.,* 42, 2655-2674.

Vicente-Serrano, S.M., R.M. Trigo, J.I. López-Moreno, M.L.R. Liberato, J. Lorenzo-Lacruz, S. Beguería, E. Morán-Tejeda y A. El Kenawy, 2011: Extreme winter precipitation in the Iberian Peninsula in 2010: Anomalies, driving mechanisms and future projections. *Climate Research,* 46(1), DOI: 10.3354/cr00977

Villamizar, A., 2011: Adaptación al cambio climático y políticas públicas: ¿una deuda de alto riesgo para América Latina?, *Mundo Nuevo,* 1, 301-338.

Villamizar, A., 2013: Institucionalidad ambiental para «Salvar al Planeta». Una mirada desde el portal gubernamental en materia ambiental del Estado Venezolano. *Boletín del Instituto de Estudios Políticos Fermín Toro,* Caracas, 6, 1-20.

Vörösmarty, C.J., L. Bravo de Guenni, W.M. Wollheim, B. Pellerin, B. David, M. Cardoso, C. D'Almeida, P. Green y L. Colon, 2013: Extreme rainfall, vulnerability and risk: a continental-scale assessment for South America, Philos. *Trans. A Math. Phys. Eng. Sci.,* 371, http://doi.org/10.1098/rsta.2012.0408

Wang, C., X. Wang, R.H. Weisberg y M.L. Black, 2017: Variability of tropical cyclone rapid intensification in the North Atlantic and its relationship with climate variations. *Clim. Dyn.,* 49, 3627-3645.

Wasko, C. y A. Sharma, 2015: Steeper temporal distribution of rain intensity at higher temperatures within Australian storms. *Nat. Geosci.,* 8, 527-529.

Wendel, J., 2017: Unprecedented hurricane season sees widespread damage, *Eos,* 98. Publicado el 22 de septiembre de 2017, https://doi.org/10.1029/2017EO082913

White, S., J.M. García-Ruiz, C. Martí *et ál.,* 1997: The 1996 Biescas campsite disaster in the central Spanish Pyrenees, and its temporal and spatial context. *Hydrol. Proc.*, 11, 1797-1812.

World Bank, 2008: *Development and Climate Change. A Strategic Framework for the World Bank Group.* Technical Report, International Bank for Reconstruction and Development/World Bank Group, Washington, DC 40 pp.

Yang, J., X. Lin y S. Xie, 2017: A transbasin mode of interanual variability of the Central American gap winds: Seasonality and largescale forcing. *J. Climate,* 30, 8223-8235, https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0021.1

Yang, S., N. Kang, J.B. Elsner y Y. Chun, 2018: Influence of global warming on western north Pacific tropical cyclone intensities during 2015. *J. Climate,* 31, 919-925.

Zipser, E.J., C. Liu, D.J. Cecil, S.W. Nesbitt y D.P. Yorty, 2006: Where are the most intense thunderstorms on Earth? *Bull. Amer. Meteor. Soc.,* 87, 1057-1071.

Zuluaga, M.D. y R.A. Houze Jr., 2015: Extreme convection of the near-equatorial Americas, Africa, and adjoining oceans as seen by TRMM. *Mon. Wea. Rev.,* 143, 298-316.

10

Inundaciones y sequías

Inés Camilloni (Argentina), Vicente Barros (Argentina), Soledad Moreiras (Argentina), Germán Poveda (Colombia) y Javier Tomasella (Brasil).

Se recomienda citar este texto como:

Camilloni, I., V. Barros, S. Moreiras, G. Poveda y J. Tomasella, 2020: Inundaciones y sequías. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 391-417, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo ... **393**

10.1. Introducción ... **393**

10.1.1. Marco conceptual del capítulo ... 393

10.1.2. Principales cifras del sector o sistema ... 393

10.1.3. Relación del sector o sistema con clima y con cambio climático ... 394

10.1.3.1. Inundaciones ... 394

10.1.3.2. Sequías ... 396

10.1.4. Revisión de informes previos ... 397

10.2. Componentes del riesgo en relación con el sector o sistema ... **399**

10.2.1. Amenazas ... 399

10.2.2. Exposición ... 401

10.2.3. Vulnerabilidad ... 403

10.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos ... **404**

10.3.1. Inundaciones ... 404

10.3.2. Sequías ... 404

10.4. Medidas de adaptación ... **405**

10.4.1. Opciones de adaptación ... 405

10.4.2. Actividades de adaptación planificada ... 406

10.4.2.1. Escala supranacional ... 406

10.4.2.2. Escala nacional y subnacional ... 407

10.4.2.3. Escala local o municipal ... 407

10.4.3. Actividades de adaptación autónoma ... 408

10.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... **408**

10.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación ... **409**

10.7. Casos de estudio ... **410**

10.7.1. Plan Integral de Cambio Climático para el departamento del Chocó (PICC-Chocó), Colombia ... 410

10.7.1.1. Resumen del caso ... 410

10.7.1.2. Introducción a la problemática del caso ... 410

10.7.1.3. Descripción del caso ... 410

10.7.1.4. Limitaciones e interacciones ... 411

10.7.1.5. Lecciones identificadas ... 411

10.7.2. Proyecto de adaptación y resiliencia de la agricultura familiar del Nordeste de Argentina (NEA) ante el impacto del cambio climático y su variabilidad ... 411

10.7.2.1. Resumen del caso ... 411

10.7.2.2. Introducción a la problemática del caso ... 411

10.7.2.3. Descripción del caso ... 412

10.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 412

10.7.2.5. Lecciones identificadas ... 412

10.7.3. Cambio en la operación hidroeléctrica del río São Francisco, Brasil, por sequías ... 413

10.7.3.1. Resumen del caso ... 413

10.7.3.2. Introducción a la problemática del caso ... 413

10.7.3.3. Descripción del caso ... 413

10.7.3.4. Limitaciones e interacciones ... 414

10.7.3.5. Lecciones identificadas ... 414

10.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias ... **414**

10.9. Conclusiones ... **414**

Preguntas frecuentes ... **414**

Bibliografía ... **415**

Resumen ejecutivo

La mayor cantidad de eventos de inundación que tuvieron lugar durante las últimas décadas en la región RIOCC ocurrieron en Brasil, México, Colombia y Perú (considerando el periodo 1985-2015) acompañados de incrementos en los caudales máximos diarios de ríos en la cuenca del Plata y la Amazonia. Asimismo, en los últimos años, muchas regiones de Iberoamérica sufrieron frecuentes y extensas sequías, entre las que se encuentran la Península Ibérica, la región amazónica, el centro-norte de México y el centro de Chile y Argentina.

Si bien las incertidumbres acerca de los cambios a futuro en la ocurrencia de sequías e inundaciones son grandes, los procesos de adaptación deben desarrollarse basados en el mejor conocimiento científico disponible. Bajo condiciones de un clima más cálido, los escenarios climáticos futuros disponibles indican que continuarán los cambios en las diferentes componentes del ciclo del agua que afectarán de forma dispar a la región RIOCC. Se proyectan aumentos en los caudales máximos en Colombia, Venezuela, Ecuador, la región costera de Perú, la cuenca del Plata, Centroamérica y la Península Ibérica (excepto la costa mediterránea) e incrementos de ocurrencia de sequías en la Amazonia, el Nordeste de Brasil, la región mediterránea, América Central y México.

Con respecto a la exposición de las poblaciones, entre 1980 y 2000 los cinco países de Iberoamérica con mayor cantidad de habitantes expuestos a sequías fueron Guatemala, Chile, Ecuador, México y Nicaragua. En el caso de inundaciones, los países más expuestos fueron Guatemala, El Salvador, Honduras y Colombia.

El crecimiento de la población, la urbanización acelerada de asentamientos humanos informales, falta de infraestructura bien planificada y de calidad, altos índices de desigualdad social, pobreza, economías dependientes de la agricultura y prácticas ambientales inadecuadas son factores socioeconómicos que fomentan la vulnerabilidad y dan lugar a que los eventos de déficit y excesos hídricos tengan un impacto aún mayor. La vulnerabilidad a sequías e inundaciones es bastante dispar entre los distintos países RIOCC debido a los contrastes en los factores antes mencionados. No obstante, es fundamental que los esfuerzos para reducirla se orienten a una acción colectiva de la comunidad iberoamericana.

Existe una variedad de medidas de adaptación al cambio climático de diversas escalas en lo que se refiere a sequías e inundaciones que ya han comenzado a implementarse en Iberoamérica, como la mejora de la calidad de los pronósticos, los sistemas de alerta temprana y los servicios de información climática, planes para la reducción de vulnerabilidad y aumento de la resiliencia de la población, de la infraestructura estratégica y de sistemas productivos y de conservación y uso sustentable de los ecosistemas y sus servicios ambientales. Sin embargo, aún existen obstáculos institucionales, normativos, administrativos, económicos y sociales que imponen dilaciones en la implementación de algunas de estas medidas. En consecuencia, para acelerar el proceso de adaptación, los países deberán mejorar sus capacidades de planificación y respuesta, así como la gestión de catástrofes y seguros.

10.1. Introducción

10.1.1. Marco conceptual del capítulo

El calentamiento observado durante varias décadas ha sido vinculado a cambios experimentados por el ciclo hidrológico en gran escala: aumento del contenido de vapor de agua en la atmósfera; variación de las características, intensidad y valores extremos de la precipitación; disminución de la capa de nieve y fusión generalizada del hielo, y cambios en la humedad del suelo y en la escorrentía junto con modificaciones en intensidad, duración, frecuencia y extensión espacial de eventos extremos como sequías e inundaciones (Hartmann *et ál.,* 2013). Estos cambios constituyen lo que se ha denominado intensificación o aceleración del ciclo hidrológico (Held y Soden, 2000; Arnell *et ál.,* 2001; Huntington, 2006). Bajo condiciones de un clima más cálido, las proyecciones indican que continuarán los cambios en las diferentes componentes del ciclo del agua, aunque con incertidumbres acerca de la ocurrencia de sequías e inundaciones. Estas incertidumbres derivan, por un lado, de la comprensión acotada de los mecanismos que conducen a su generación y, por otro lado, de la variabilidad climática natural. En este sentido, la circunstancia de que las inundaciones y sequías sean dependientes de excesos y déficits de precipitación, respectivamente, hace que las incertidumbres de los modelos climáticos sean también relevantes (Hawkins y Sutton, 2011; Fatichi *et ál.,* 2016, Zhao y Dai, 2017).

En este capítulo se presentan un conjunto de cuestiones vinculadas con la adaptación a sequías e inundaciones acompañadas de ejemplos en diferentes países de la región RIOCC de acuerdo con el marco conceptual que se presenta en la **Figura 10.1,** que ubica la necesidad de adaptación a sequías e inundaciones en el contexto del cambio en el ciclo hidrológico forzado por el incremento de gases de invernadero en la atmósfera como resultado de emisiones antropogénicas. La premisa que guía lo aquí presentado se sostiene en que los procesos de adaptación deben desarrollarse basados en el mejor conocimiento científico disponible, aun cuando son grandes las incertidumbres acerca de cambios en la ocurrencia de estos fenómenos en las próximas décadas. En este sentido, será necesario tener presente que las acciones que permitan reducir estas incertidumbres serán una contribución significativa en la adaptación al cambio climático.

10.1.2. Principales cifras del sector o sistema

En las últimas décadas, las inundaciones causaron casi la mitad de los desastres relacionados con el clima en



Figura 10.1. Marco conceptual que vincula los forzantes físicos de las sequías e inundaciones con la necesidad de implementar medidas de adaptación. Fuente: elaboración propia.

todo el mundo y han afectado a más de 2.000 millones de personas (CRED, 2015). La importancia relativa de las inundaciones también ha aumentado durante este periodo, ya sea en términos de pérdidas económicas (Kundzewicz *et ál.,* 2013), de pérdidas de reaseguros (Mills, 2005) o en el número de eventos de inundación informados (Munich Re, 2015). Sin embargo, la atribución de los cambios observados no es clara, estando entre las posibles causas los aumentos en magnitud o frecuencia de precipitaciones extremas (IPCC, 2014) y los cambios en el uso del suelo (Hall *et ál.,* 2014). En el periodo 2000-2019 se registraron en América Latina y el Caribe 548 eventos de inundación que afectaron a un total de 41 millones de personas y con daños estimados en 26.000 millones de dólares (OCHA, 2019). Asimismo, entre 2005 y 2015 la sequía produjo daños en esta región en cultivos y ganado por 13.000 millones de dólares (FAO, 2018).

10.1.3. Relación del sector o sistema con clima y con cambio climático

10.1.3.1. Inundaciones

Se entiende por inundación el desborde de agua fuera de los confines normales (IPCC, 2012). Las inundaciones son una fuente de riesgo porque en la mayor parte de las áreas donde ocurren el espacio está poblado u ocupado por actividades productivas. En muchos casos, particularmente en Latinoamérica, el riesgo aumenta porque en estas zonas se asientan poblaciones pobres con alto grado de vulnerabilidad. En este capítulo se las caracteriza según el tipo de fenómeno climático o de otro tipo que las origina y de sus impactos asociados.

Tipos de inundaciones

Inundaciones muy localizadas y de corta duración. Desde el punto de vista del potencial daño a la población, incluyendo la pérdida de vidas, las precipitaciones intensas resultantes de sistemas convectivos en zonas con fuerte pendiente constituyen el mayor peligro por las inundaciones súbitas y deslizamientos que ocasionan. Las tormentas y ciclones tropicales producen estos efectos en la región caribeña, en Centroamérica y en las costas mexicanas (ver **Capítulos 9** y **10** de este mismo informe). En las zonas de llanura de latitudes subtropicales son igualmente peligrosos los mesosistemas convectivos que en pocas horas pueden producir precipitaciones de varias centenas de milímetros sobre superficies de cientos de km^2 (Rasmussen *et ál.,* 2016).

Desbordes de ríos. En Latinoamérica son numerosos los grandes ríos, que, cuando desbordan, inundan vastas áreas que pueden abarcar decenas de miles de km^2. En las grandes llanuras de América del Sur estas inundaciones pueden durar meses y hasta más de un año, como por ejemplo, la ocurrida durante los años 1982-1983 en la cuenca argentina del río Paraná (Camilloni y Barros, 2003). Las fuertes anomalías de la precipitación que las originan son también de larga duración y pueden tener lugar centenares y hasta miles de kilómetros aguas arriba de las zonas que se inundan. En ese caso, la onda de crecida tarda semanas o meses en llegar, y, por lo tanto, la inundación es predecible con suficiente tiempo para la adopción de decisiones adecuadas para minimizar los impactos desfavorables.

Inundaciones de grandes áreas de llanura. En áreas de muy escasa pendiente, como en el Pantanal o en parte de la llanura argentina, el escurrimiento del agua es pequeño y el balance del agua es predominantemente nulo entre la precipitación, la evaporación y la infiltración en el suelo. Bajo condiciones de lluvias importantes durante periodos prolongados de varios meses, el suelo se satura, cesando la infiltración y generándose excesos hídricos en la superficie. En el Pantanal, este tipo de inundación ocurre regularmente cada verano, aunque puede ser más extendida en algunos años. En la región subtropical argentina, dado que en las estaciones frías la evaporación es muy poca, los posibles excesos hídricos del otoño o del invierno pueden persistir hasta la primavera o verano. Este tipo de inundación se ve agravada por el manejo inapropiado de los suelos que los dejan sin cobertura vegetal por varios meses (Taboada y Damiano, 2017).

Inundaciones costeras. En algunas costas, las tormentas en el mar aledaño debido a los fuertes vientos asociados pueden empujar las aguas superficiales provocando inundaciones costeras. Estas inundaciones se potencian cuando se dan con altas mareas astronómicas. La altura de la inundación y su alcance dependen de la topografía costera y de las tormentas que las originan. En el Caribe y la costa del Pacífico de México y Centroamérica, estas inundaciones son causadas por tormentas y ciclones tropicales, mientras que en la Península Ibérica y América del Sur subtropical se deben a los ciclones extratropicales. El caso más paradigmático es el de las sudestadas en el estuario del río de la Plata que suelen inundar las costas bajas del lado argentino. En las latitudes medias de América del Sur, este tipo de inundación es poco frecuente porque las costas sobre ambos océanos son muy altas. Por otra parte, toda la costa del Pacífico en Latinoamérica sufre la amenaza de ocurrencia de tsunamis, que pueden ocasionar muy severas inundaciones en los litorales bajos. Tanto las inundaciones debidas a tsunamis como las de tormentas costeras duran pocas horas o días, aunque la recuperación de sus daños puede llevar meses o años. Este tipo de inundación se trata en más profundidad en el **Capítulo 9** del presente informe.

Inundaciones por colapso de infraestructuras. Las inundaciones por la rotura de una presa son muy poco frecuentes en comparación con otro tipo de inundaciones, pero cuando ocurren, suelen producir grandes daños y pérdidas de vidas. El episodio reciente más dramático fue la rotura de la presa para contener residuos mineros en la ciudad de Brumadinho, Brasil, el 25 de enero de 2019, que provocó una avalancha de lodo y causó la muerte de 300 personas. La causa más frecuente del colapso de una presa es cuando se colmata porque el caudal supera las posibilidades de almacenamiento y la descarga. Por eso, el aumento de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones extremas debidas al cambio climático puede aumentar el riesgo de este tipo de catástrofe en el caso de que las presas hayan sido diseñadas sin considerarlo y con bajos coeficientes de seguridad. Los países han adoptado normativas referentes a la seguridad de las presas y en algunos casos, como Uruguay y Argentina, las han revisado para adecuarlas a las nuevas condiciones de las precipitaciones extremas.

Inundaciones por deshielo estacional de mantos de nieve. Debido a que en Iberoamérica las superficies nevadas son relativamente pequeñas y circunscritas a las zonas de mayor altura, este tipo de inundación es poco frecuente en la región. La licuación y deshielo en las montañas ocurre en la primavera a medida que se produce el ascenso estacional de la altura correspondiente a la isoterma de 0 °C.

Cambios observados

La **Figura 10.2** presenta las tendencias en la magnitud de los eventos de inundación derivados del caudal máximo diario de cada año del periodo 1955-2014 para un conjunto de estaciones estimadas por Do *et ál.* (2017). En la región RIOCC, se encuentran tendencias significativas negativas principalmente en el Nordeste de Brasil y México y positivas en la cuenca del Plata y la Amazonia.

Más recientemente, Najibi y Devineni (2018) analizaron las tendencias de ocurrencia de inundaciones para el periodo 1985-2015 a partir de la base de datos generada por el Dartmouth Flood Observatory. Los resultados obtenidos indican un aumento a escala global en la frecuencia de inundaciones, así como un incremento en la ocurrencia de eventos de duración media (8 a 20 días) a prolongada (más de 21 días). Asimismo, Najibi y Devineni (2018) identificaron los

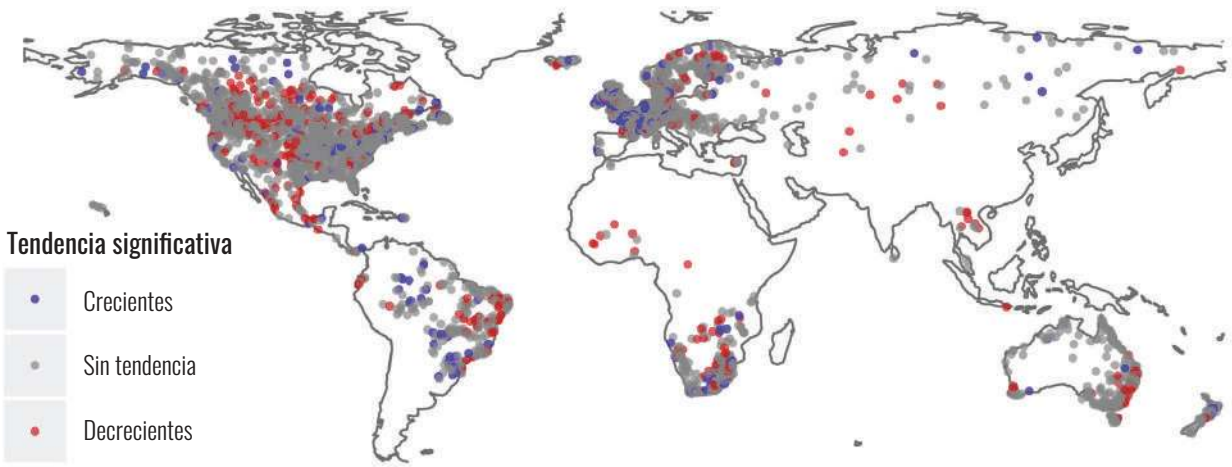


Figura 10.2. Tendencias en la magnitud de los eventos de inundación. Los puntos azules indican estaciones con tendencias crecientes estadísticamente significativas para un nivel de confianza del 10 %, y los rojos, tendencias decrecientes. Los puntos grises indican tendencias sin significancia estadística. Fuente: Do *et ál.,* 2017.

países con mayor número de eventos de inundación durante el periodo de estudio, entre los que se encuentran Brasil (96 eventos), México (80 eventos), Colombia (44 eventos) y Perú (43 eventos).

10.1.3.2. Sequías

Una sequía se caracteriza por un prolongado periodo de tiempo anormalmente seco y que como consecuencia produce serios desequilibrios hidrológicos (IPCC, 2012). La severidad de la sequía se determina en función de la intensidad, duración y extensión geográfica del episodio específico. La intensidad se refiere al grado de disminución de la precipitación y/o a la gravedad de los impactos asociados. En cuanto a la duración, las sequías usualmente requieren un mínimo de dos a tres meses para que se las considere establecidas, aunque pueden extenderse a lo largo de varios años consecutivos. La magnitud de los impactos de la sequía está muy relacionada con el momento del comienzo de la disminución de la precipitación, su intensidad y la duración del evento.

Tipos de sequías

Sequía meteorológica. Escasez de precipitación. Frecuentemente agravada por altas temperaturas que inducen altas tasas de evapotranspiración. Este tipo de sequía está basada en datos climáticos y se expresa mediante la desviación de la precipitación respecto a la media durante un periodo de tiempo determinado.

Sequía hidrológica. Hace referencia a una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, lagos, etc.). La frecuencia y severidad de una sequía hidrológica es usualmente definida sobre la base de su influencia en cuencas hidrográficas.

Sequía agrícola. Se produce cuando no hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. La demanda hídrica de una planta depende de condiciones meteorológicas, características biológicas específicas de la planta, su etapa de crecimiento, y de propiedades físicas y biológicas del suelo.

Sequía socioeconómica. Ocurre cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada por la escasez de lluvias o cuando la demanda de agua excede la disponibilidad afectando de esta forma a una comunidad. La sequía socioeconómica asocia el suministro y demanda de algún bien económico o servicio con la sequía meteorológica, hidrológica y agrícola.

En la **Figura 10.3** se presentan los tipos, forzantes e interrelaciones entre las sequías descritas. Aunque el déficit de precipitación es considerado como causa fundamental de las sequías, la excesiva evapotranspiración puede constituir un factor adicional en la generación de aquellas de tipo hidrológico o agrícola. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la falta de humedad en el suelo actúa también como factor condicionante para la evapotranspiración. Asimismo, las condiciones preexistentes de humedad del suelo, así como el almacenamiento de agua superficial o subterráneo también son relevantes para la ocurrencia y duración de este tipo de sequías. La sequía socioeconómica asocia el suministro y demanda de algún bien económico o servicio con la sequía meteorológica, hidrológica y agrícola.

Cambios observados

En los últimos años, muchas regiones de Iberoamérica han sufrido frecuentes y extensas sequías. Algunos ejemplos son las ocurridas en la Península Ibérica entre 2005 y 2007 (Spinoni *et ál.,* 2015), en 2005, 2010 y 2015-2016 en la región amazónica (Marengo *et ál.,* 2008; Lewis *et ál.,* 2011; Jiménez-Muñoz *et ál.,* 2016), en el centro-norte de México durante 2011 y 2012 (Neri y Magaña, 2016) y en el centro de Chile en el periodo 2010-2015 (Garreaud *et ál.,* 2017). Si bien la variabilidad climática es con frecuencia la principal causa de los eventos individuales de las sequías acaecidas, el incremento en la ocurrencia de casos severos durante años recientes en muchas regiones es consistente con resultados derivados de simulaciones forzadas con aumentos en la concentración de gases de efecto invernadero (Dai y Zhao, 2017).

Para cuantificar la sequía y monitorear su evolución, se han desarrollado y aplicado muchos índices. Entre los más utilizados se encuentra el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI) (Palmer, 1965), cuyo valor se deriva de datos de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo

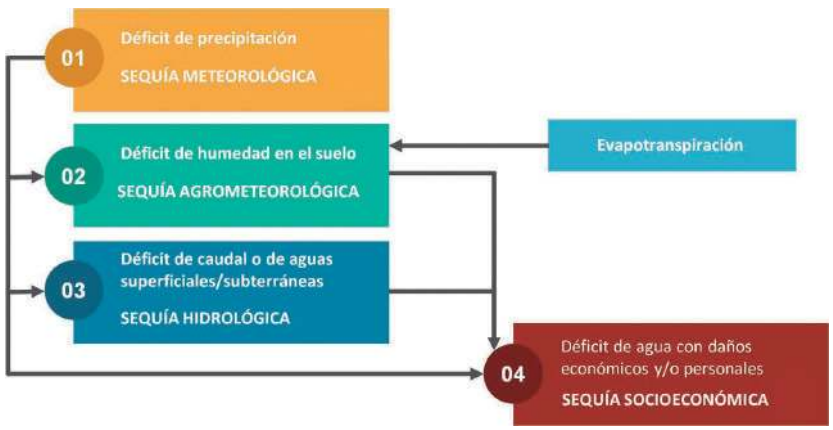


Figura 10.3. Forzantes (cuadros de colores) e interrelaciones (flechas) entre los distintos tipos de sequía. Fuente: adaptado de IPCC, 2012.

local, juntamente con valores anteriores de estas medidas. Una de las variantes más utilizadas del PDSI es el índice anual *sc_PDSI_pm* (Dai, 2011; Dai y Zhao, 2017).

Dai y Zhao (2017) analizan a nivel global la tendencia lineal del índice anual *sc_PDSI_pm* para el periodo 1950-2014 estimado a partir de datos observacionales. Sus resultados muestran superficies progresivamente más secas principalmente en la Península Ibérica (IBE), Centroamérica y el Caribe (CAC), Amazonia (AMZ) y el sudoeste de Sudamérica explicadas por el aumento de la temperatura regional, que incrementa la capacidad del aire de albergar vapor de agua junto con las tendencias de la precipitación observadas (ver **Figura 1.7** del **Capítulo 1**).

Otros índices frecuentemente usados son el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI; McKee *et ál.,* 1993 Guttman, 1999), que se basa únicamente en la precipitación, y el Índice Estandarizado de Precipitación-Evapotranspiración (SPEI; Vicente-Serrano *et ál.,* 2010; Beguería *et ál.,* 2014), que se basa en la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (que incluye la temperatura). Recientemente, Spinoni *et ál.* (2019) desarrollaron una base de datos de sequías meteorológicas ocurridas entre 1950 y 2016 utilizando los índices SPI y SPEI y calcularon los cambios en frecuencia y severidad para los índices considerando un periodo de acumulación de 12 meses (SPI-12 y SPEI-12). La **Figura 10.4** muestra la comparación entre los periodos 1951-1980 y 1981-2016. Se observa que algunas áreas de la región RIOCC, como México, Amazonia y Nordeste de Brasil, Patagonia y la Península Ibérica, experimentaron una mayor frecuencia de sequías en función de ambos indicadores (aunque más frecuentes según el índice SPEI-12). La disminución más relevante se encuentra en el norte de Argentina y Uruguay. En comparación con 1951-1980, durante 1981-2016 las sequías meteorológicas fueron más severas tanto para el SPEI-12 como para el SPI-12 en partes de la Patagonia y el sur de Chile, Nicaragua, Honduras, sur de México y Baja California y la Península Ibérica. Por el contrario, en el Sudeste de Brasil se experimentaron sequías menos severas. En la **Figura 10.5** se presenta la evolución anual de área cubierta por sequía según los índices SPI-12 y SPEI-12 para cinco regiones que incluyen todos los países RIOCC donde se encuentra que el sur de América del Sur (SSA) y la región mediterránea (MED) muestran una clara tendencia hacia un mayor porcentaje de áreas en sequía.

10.1.4. Revisión de informes previos

El Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático (IPCC, 2012), elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, así como el Quinto Informe de Evaluación preparado por el mismo Grupo (IPCC, 2013) describen en qué medida los cambios observados y proyectados en el clima afectan a las características principales de fenómenos extremos del tiempo y el clima. Las conclusiones a las que arriban ambos informes indican que condiciones de clima cambiantes conducen a modificaciones en la intensidad, frecuencia, extensión especial, duración y momento de ocurrencia de extremos como inundaciones y sequías. Las proyecciones presentadas para lo que resta del presente siglo indican, con confianza media, que las sequías se intensificarán en algunas regiones y épocas del año debido a la reducción de precipitación o al aumento de la evapotranspiración en zonas como América Central, México

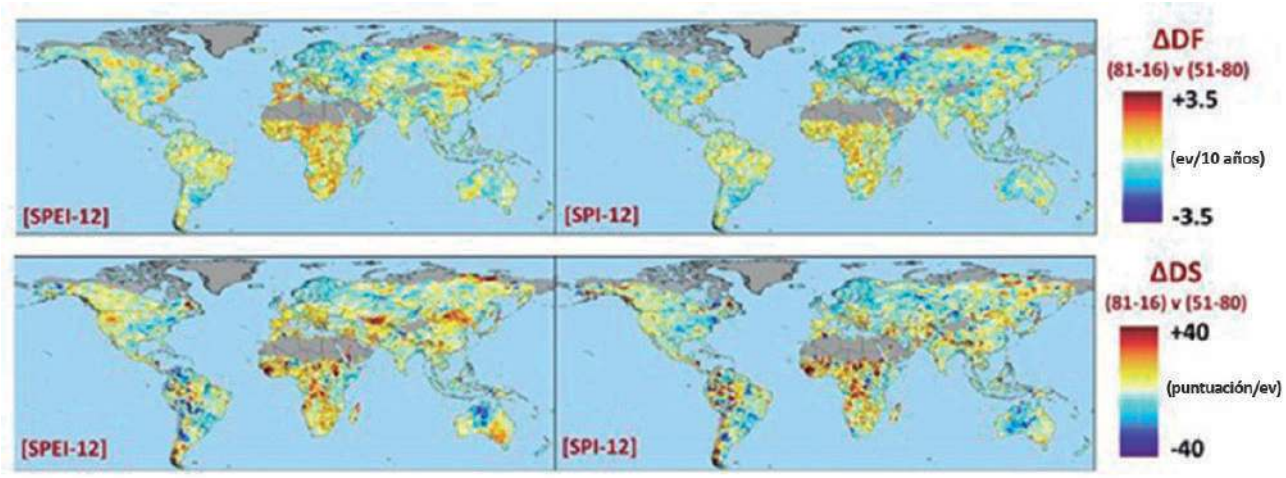


Figura 10.4. Cambio en la frecuencia de ocurrencia (mapas de arriba, ΔDF expresada como eventos/10 años) y severidad (mapas de abajo, ΔDS > 0 indica aumento de severidad, ΔDS < 0 indica disminución de severidad) de sequías entre los periodos 1951-1980 y 1981-2016 según el Índice Estandarizado de Precipitación-Evapotranspiración (SPEI-12) (izquierda) y el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI-12) (derecha). Fuente: Spinoni *et ál.,* 2019.

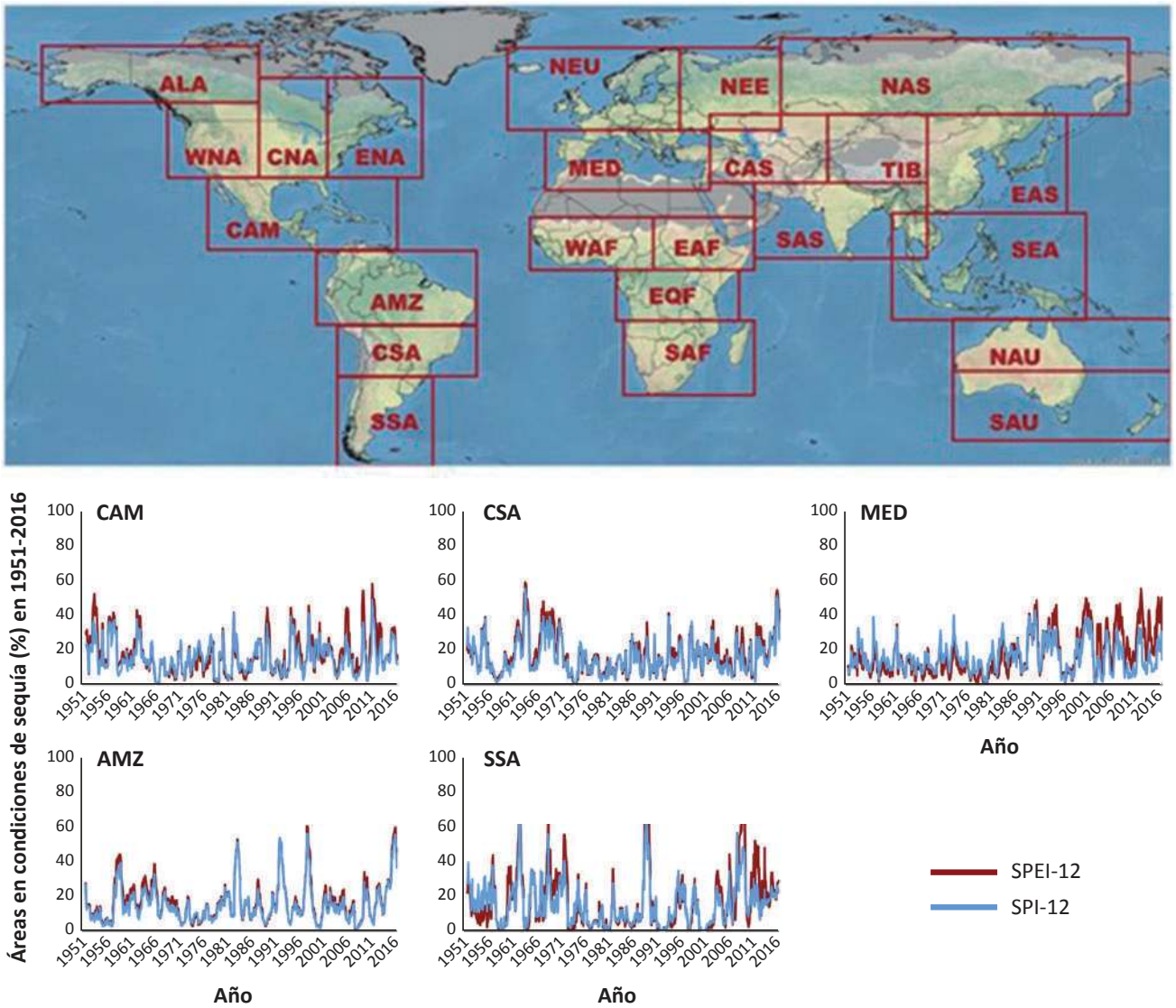


Figura 10.5. Porcentaje anual de área bajo condiciones de sequía para las cinco regiones que cubren el área de los países RIOCC según el índice SPEI-12 (línea roja) y SPI-12 (línea azul). Fuente: Spinoni *et ál.,* 2019.

y el Nordeste de Brasil (Seneviratne *et ál.,* 2012). En el caso de inundaciones, las proyecciones de aumento en precipitaciones intensas contribuirían con confianza media con su incremento en algunas cuencas y regiones (Seneviratne *et ál.,* 2012).

Recientemente, fue presentado el Informe Especial del IPCC Calentamiento Global de 1,5 °C, que recoge los impactos de este calentamiento con respecto del periodo preindustrial y las sendas de emisión relacionadas. En él se muestra que el calentamiento de 1 °C ya ocurrido ha tenido repercusiones cuantificables sobre sistemas naturales y humanos, y compara los riesgos bajo diferentes escenarios de incremento de la temperatura global (IPCC, 2018). En particular, el informe muestra que los riesgos de sequía y déficit de precipitación aumentarán con 1,5 °C y 2 °C de calentamiento en algunas áreas de los países RIOCC, como la región del Mediterráneo, el Amazonas y el Nordeste de Brasil, siendo particularmente significativos en la primera de ellas. Asimismo, proyecta que la exposición humana a inundaciones será sustancialmente menor en un mundo de 1,5 °C en comparación con otro de 2 °C, aunque con riesgos diferenciados regionalmente como consecuencia en gran medida de las diferentes condiciones socioeconómicas locales.

10.2. Componentes del riesgo en relación con el sector o sistema

10.2.1. Amenazas

Como consecuencia del cambio climático debido a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero y cambios en el uso del suelo, se espera que en muchas regiones aumente la frecuencia e intensidad de los eventos de precipitación (Wartenburger *et ál.,* 2017), lo que podría entonces incrementar la probabilidad de ocurrencia de inundaciones en el futuro. Alfieri *et ál.,* (2017) evaluaron cambios en la frecuencia y magnitud de inundaciones fluviales. Sus resultados muestran que aumentaría en todos los continentes la frecuencia de ocurrencia de eventos de caudal extremo con magnitudes superiores a las consideradas en la construcción de las protecciones contra inundaciones actuales bajo los tres niveles de calentamiento considerados (1,5 °C, 2 °C y 4 °C respecto del periodo preindustrial), lo que llevaría a un incremento generalizado en el riesgo de inundación.

La **Figura 10.6** presenta los cambios globales normalizados en escurrimientos extremos para el periodo 2070-2099

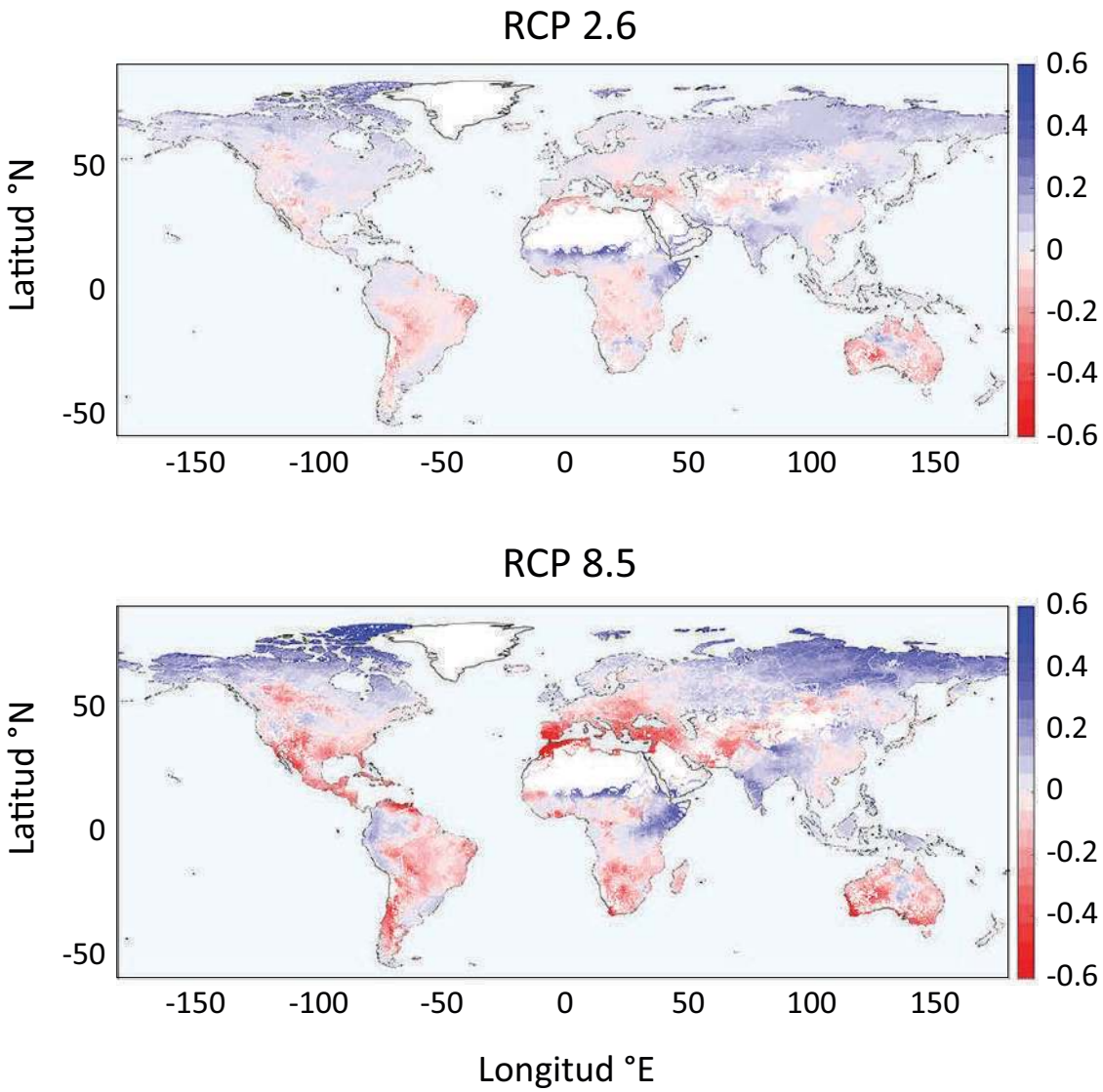


Figura 10.6. Cambios globales normalizados en escurrimientos extremos para el periodo 2070-2099 respecto de 1971-2000 bajo los escenarios RCP 2.6 y RCP 8.5. Los valores negativos indican la proporción de pérdida de escurrimientos extremos en 2070-2099 comparado con 1971-2000 y los positivos el incremento. Fuente: Asadieh y Krakauer, 2017.

respecto de 1971-2000 bajo dos escenarios de emisiones (Asadieh y Krakauer, 2017). Se observa que los cambios proyectados son más intensos en el escenario RCP 8.5 que en el escenario RCP 2.6, representativos, respectivamente, de temperaturas medias globales 4 °C y 2 °C más cálidos para fin del siglo XXI comparados con la era preindustrial. Para el escenario RCP 8.5, el 37 % de la superficie de las zonas continentales muestra un 24,5 % de incremento promedio en la magnitud de los caudales extremos, lo que potencialmente aumenta la posibilidad de inundaciones en esas regiones. Para la región RIOCC, en el escenario RCP 2.6, los aumentos en caudales extremos se proyectan principalmente para Colombia, Venezuela, Ecuador, la región costera de Perú y la cuenca del Plata. Para el RCP 8.5, la magnitud del incremento medio en los caudales extremos es aproximadamente el doble y a los países y regiones anteriormente mencionados se suman Centroamérica y la Península Ibérica.

Las proyecciones acerca de cambios en la ocurrencia futura de sequías son dependientes del indicador seleccionado para su representación. En esta sección se presentan proyecciones considerando los índices anteriormente citados, PDSI y SPEI. La **Figura 10.7** refleja las proyecciones de cambios del índice PDSI, así como en la duración de sequías, utilizando el promedio de 11 modelos climáticos globales pertenecientes a la Fase 5 del Programa de Intercomparación de Modelos Climáticos (CMIP5) para calentamientos globales de 1,5 °C y 2 °C respecto de 1986-2005 estimadas por Liu *et ál.,* (2018). Se encuentra que, para el caso de una subida de 1,5 °C, el PDSI disminuiría (más propenso a la sequía) en la Amazonia, el Nordeste de Brasil, el sur de Europa y el Mediterráneo y América Central y México. El patrón geográfico de cambios en el PDSI para el mundo 2 °C más cálido es bastante similar al de 1,5 °C más, pero con una intensificación en la magnitud del cambio tal, como puede apreciarse a partir de las diferencias entre ambos umbrales de calentamiento. Los resultados correspondientes a la región IBE son consistentes con los hallados en el reporte CEDEX (2017), que muestran que las sequías serán más frecuentes a medida que avance el presente siglo.

La **Figura 10.8** muestra la magnitud del índice SPEI para el periodo de referencia (1976-2005) y los cambios relativos (%) con respecto a la línea de base para tres niveles de calentamiento frente al periodo preindustrial. Se prevé que la magnitud de las sequías aumentará con el calentamiento, con un incremento del 30 %, 38 % y 51 % de la superficie terrestre global (excluyendo desiertos, regiones hiperáridas y frías) bajo escenarios de calentamiento de 1,5 °C, 2 °C y 3 °C, respectivamente (Naumann *et ál.,* 2018). En particular, en las regiones IBE, MEX, CAC, AMZ y el sur de SSA, el déficit de agua podría quintuplicar al del periodo de referencia.

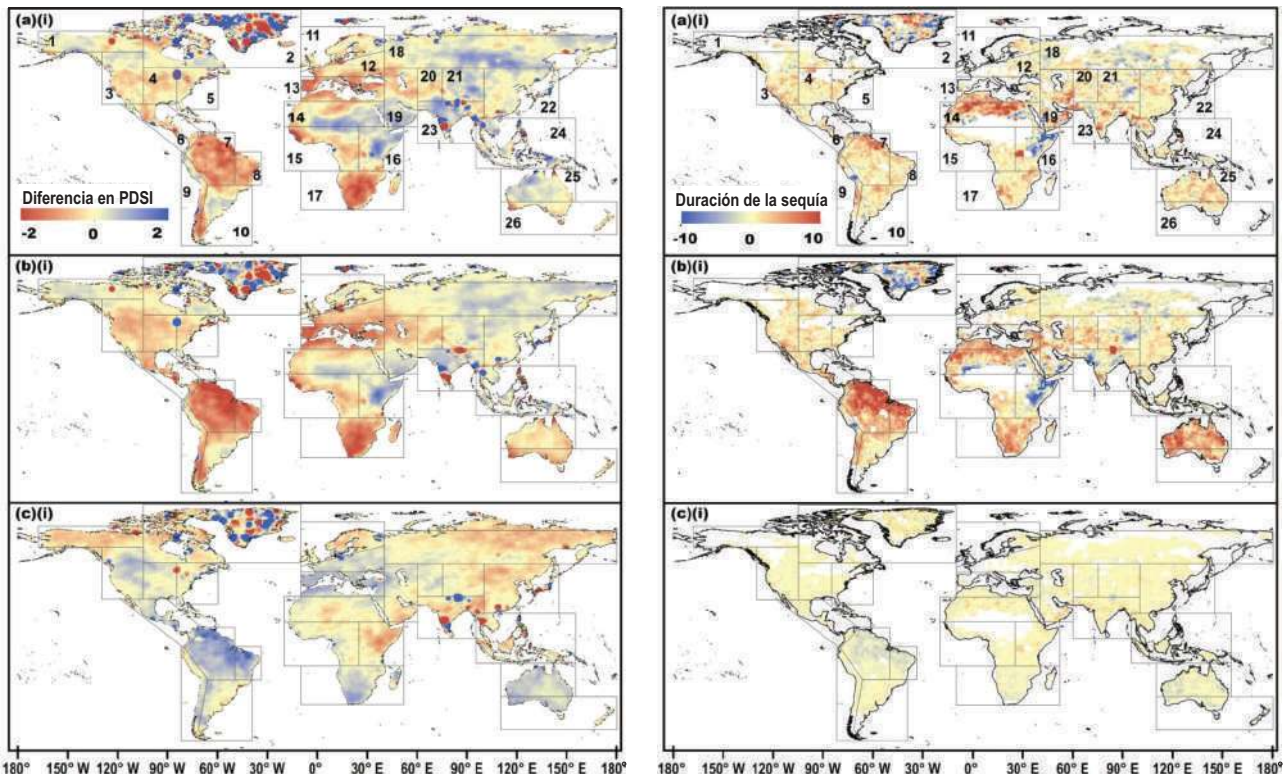


Figura 10.7. Cambio proyectado del índice de sequías PDSI respecto de 1986-2005 para un calentamiento global de 1,5 °C (panel superior) y 2 °C (panel intermedio) y diferencia entre ambos (panel inferior) derivado de un promedio de 11 modelos climáticos globales. Fuente: Liu *et ál.,* 2018.

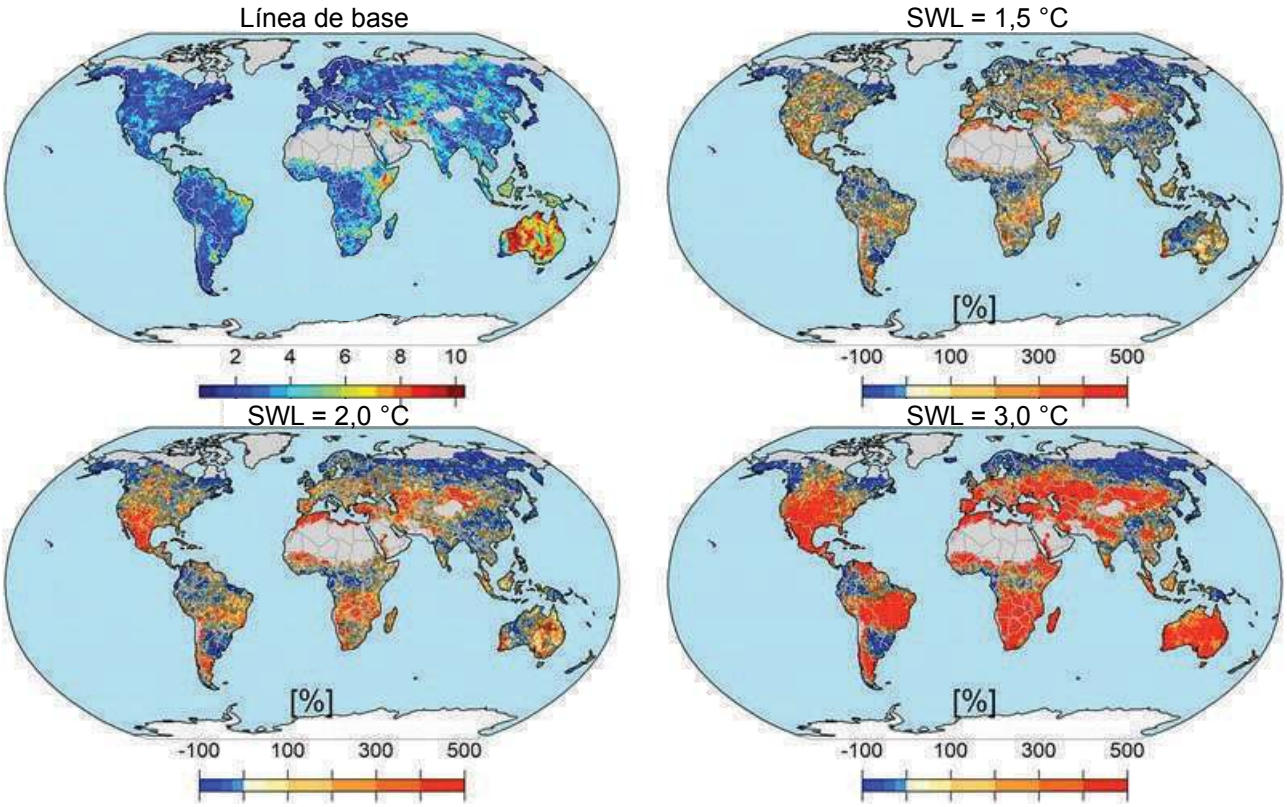


Figura 10.8. Magnitud de sequía y cambios relativos (%) en la magnitud de la sequía con respecto a la línea de base (1976-2005) para tres niveles de calentamiento respecto del periodo preindustrial (1,5, 2,0 y 3,0 °C). Los cambios que no son estadísticamente significativos en el nivel del 10 % están sombreados en gris. Fuente: Naumann *et ál.,* 2018.

10.2.2. Exposición

Christenson *et ál.,* (2014) estimaron la exposición de población a sequías e inundaciones para el periodo 1980-2000, estableciendo un *ranking* por país para cada fenómeno en forma individual. La exposición fue calculada a partir de información de densidad de población y de la frecuencia de ocurrencia de ambos eventos. Los eventos de sequía fueron definidos como aquellos casos en los que durante tres meses consecutivos la precipitación mensual fue menor o igual al 50 % de la precipitación media de largo plazo. La probabilidad de ocurrencia de estos casos fue calculada por el International Research Institute for Climate Prediction (IRI) a partir de información del índice de Anomalía Ponderada Estandarizada de Precipitación (WASP por sus siglas en inglés) (Lyon, 2004; Lyon y Barnston, 2005). La probabilidad de ocurrencia de inundaciones fue calculada considerando 3.700 eventos acaeciados entre 1985 y 2003 y compilados por el Darmouth Flood Observatory utilizando información satelital disponible. La frecuencia de inundaciones fue determinada considerando el número de eventos de inundación en cada celda. Para cada fenómeno (sequía/inundación), Christenson *et ál.,* (2014) estimaron la población expuesta a partir del producto entre la población de cada celda y la probabilidad de ocurrencia del fenómeno en esa celda. Finalmente, la proporción de población expuesta a escala nacional fue calculada como la suma de los valores de exposición de cada celda dividida por la población total del país. El valor de exposición teórico máximo a nivel nacional es 1. Las **Figuras 10.9** y **10.10** presentan a escala global el *ranking* de población expuesta a sequías e inundaciones, respectivamente.

De acuerdo con esta metodología y sobre 193 países evaluados, los cinco países de Iberoamérica con mayor cantidad de población expuesta a sequías en el periodo analizado fueron Guatemala, Chile, Ecuador, México y Nicaragua. En el caso de inundaciones, los cinco países más expuestos fueron Guatemala, El Salvador, Honduras, Haití y Colombia. La **Tabla 10.1** presenta el *ranking* de ambos eventos para todos los países de la región correspondiente a la RIOCC sobre el total mundial de 193 países. Asimismo, la **Tabla 10.2** muestra los cambios porcentuales en la cantidad de población afectada y daños por inundaciones para diferentes niveles de calentamiento futuro (1,5 °C, 2 °C y 4 °C) para los países RIOCC con relación al periodo 1976-2005. En todos los casos se identifica un incremento en la población afectada que en algunos casos, como para Colombia, Ecuador, Perú y Uruguay, superaría el 1.000 %

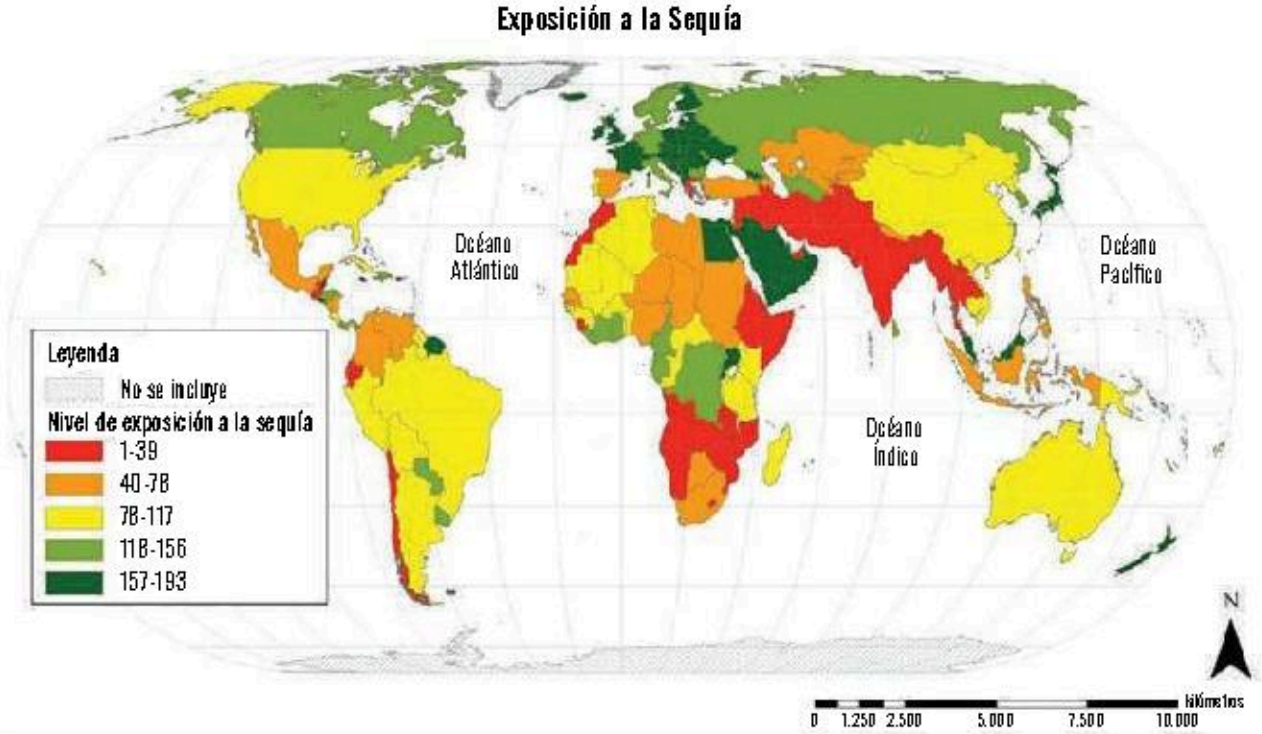


Figura 10.9. *Ranking* de población expuesta a sequías a escala nacional expresada en quintiles para el periodo 1980-2000. Fuente: Christenson *et al.*, 2014).

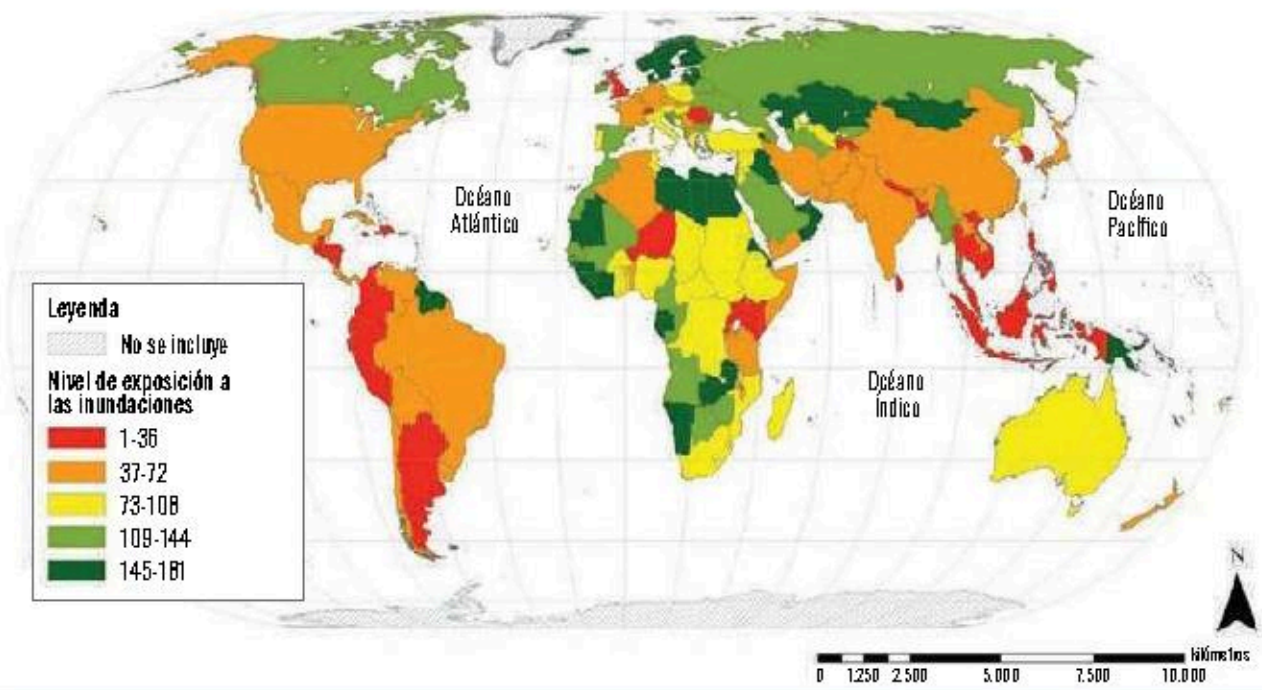


Figura 10.10. *Ranking* de población expuesta a inundaciones a escala nacional expresada en quintiles para el periodo 1985-2003. Fuente: Christenson *et al.*, 2014.

Tabla 10.1. Posición en el *ranking* mundial de población expuesta a sequías e inundaciones en países RIOCC para los periodos 1980-2000 y 1985-2003, respectivamente. Fuente: Christenson *et ál.,* 2014.

País	Posición en el *ranking* de exposición a sequías	Posición en el *ranking* de exposición a inundaciones
Andorra	Sin datos	Sin datos
Argentina	92	36
Bolivia	101	39
Brasil	98	46
Chile	18	37
Colombia	55	16
Costa Rica	107	44
Cuba	97	60
Ecuador	27	17
El Salvador	183	9
España	64	109
Guatemala	10	5
Honduras	148	10
México	40	52
Nicaragua	49	29
Panamá	156	72
Paraguay	138	21
Perú	114	35
Portugal	79	81
República Dominicana	154	24
Uruguay	129	61
Venezuela	73	38

para el máximo nivel de calentamiento, siendo estos cambios estadísticamente significativos. En términos de daños esperados, mayoritariamente aumentan con el incremento de la temperatura media global y superan el 1.000 % para una subida de 4 °C en Ecuador, Panamá, Perú y Uruguay.

10.2.3. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad a la sequía e inundaciones está generalmente en relación inversa al grado de desarrollo económico y social de las regiones afectadas: el crecimiento de la población, la urbanización acelerada de asentamientos humanos informales, falta de infraestructura bien planificada y de calidad, altos índices de desigualdad social, pobreza, economías dependientes de la agricultura y prácticas ambientales inadecuadas son factores socioeconómicos que fomentan la vulnerabilidad y dan lugar a que los eventos de déficit y excesos hídricos tengan un impacto aún mayor. Según la exposición hay cuatro tipos de vulnerabilidad: (1) por exposición de infraestructura, (2) por exposición de población, (3) por exposición de sistemas productivos, y (4) por exposición de ecosistemas. En términos de fragilidad, la vulnerabilidad se distingue en cuatro componentes: (1) por fragilidad socioeconómica, (2) por fragilidad ambiental, (3) por fragilidad física, y (4) por fragilidad institucional. Las componentes que determinan la vulnerabilidad según la capacidad de adaptación y respuesta son: (1) ahorro y capacidad de endeudamiento, (2) percepción del riesgo, y (3) gobernanza y capacidad de gestión territorial.

Neri y Magaña (2016) presentan un listado de factores indicativos de la vulnerabilidad para un determinado momento y región frente a sequías:

1. Presión sobre los recursos hídricos (proporción de agua extraída para uso consuntivo con respecto a la renovación de agua).
2. Estado de los acuíferos (porcentaje de acuíferos sobreexplotados o con problemas de intrusión de agua salada).
3. Proporción de aguas residuales tratadas.
4. Costo del agua en áreas urbanas.
5. Productividad del agua en zonas con riego (costo del agua utilizada para riego en relación con la productividad agrícola).
6. Capacidad de almacenamiento de agua en grandes reservorios en relación con el almacenamiento actual.

La vulnerabilidad ante inundaciones puede clasificarse en diferentes tipos: depende de si el sistema expuesto se encuentra en zonas de incidencia potencial de la amenaza y de si su fragilidad (nivel de susceptibilidad intrínseca de los elementos expuestos a ser afectados por una magnitud estimada de la amenaza) es considerable o no. Un tercer tipo de vulnerabilidad está determinada por la capacidad de adaptación y respuesta (Vera Rodríguez y Albarracín Calderón, 2017).

Si bien la vulnerabilidad a sequías e inundaciones es bastante dispar entre los distintos países RIOCC, es fundamental que los esfuerzos para reducirla se orienten a una acción colectiva de la comunidad iberoamericana. En este sentido, España y Portugal tienen un papel catalizador de fuentes de financiamiento de acciones para la mejora de la capacidad de adaptación, así como un papel importante en el momento de proporcionar asistencia técnica a través de la cooperación para la mejora de la resiliencia y la capacidad adaptativa en toda la región, especialmente en aquellos países más vulnerables. En este sentido, es también importante que se multipliquen las experiencias de cooperación sur-sur, entre países de la región y con otras regiones (Martin Murillo *et ál.,* 2018).

Algunos factores regionales a tener en cuenta son que muchas de las inundaciones y sequías en la región de la cordillera de los Andes ocurren durante las fases extremas de El Niño-Oscilación del Sur (El Niño y La Niña) (Poveda *et ál.,* 2020), y que la deforestación de las cuencas hidrográficas exacerba la ocurrencia de extremos hidrológicos como las inundaciones y las sequías en muchas cuencas hidrográficas de la región, incluyendo la cuenca del río Amazonas (Salazar *et ál.,* 2018).

Tabla 10.2. Cambios (%) en población afectada y daños por inundaciones para diferentes niveles de calentamiento futuro para los países RIOCC con relación al periodo 1976-2005. En itálica se indican los valores con nivel de confianza del cambio inferior al 90 %. Fuente: Alfieri *et al.*, 2017.

País	Cambio (%) de población afectada			Cambio (%) en daño esperado		
	1,5 °C	2 °C	4 °C	1,5 °C	2 °C	4 °C
Andorra	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Argentina	64	160	613	*32*	*94*	390
Bolivia	*50*	*70*	*53*	78	101	103
Brasil	104	150	445	101	158	390
Chile	*34*	*7*	*142*	*14*	*-15*	*-30*
Colombia	140	248	1.022	*104*	162	662
Costa Rica	*40*	*3*	*268*	*24*	*7*	*260*
Cuba	*10*	*24*	*146*	*23*	*14*	*147*
Ecuador	292	552	2.695	339	659	3.295
El Salvador	42	26	*72*	51	32	*83*
España	126	140	*55*	165	170	*51*
Guatemala	20	20	*77*	21	23	*70*
Honduras	*51*	*27*	*62*	*55*	*26*	*51*
México	29	*21*	*104*	34	*18*	*107*
Nicaragua	*23*	*15*	*38*	*30*	*24*	*53*
Panamá	*8*	*88*	*1.540*	*2*	*90*	1.369
Paraguay	30	60	221	*-1*	*-5*	58
Perú	390	662	1.430	675	1.135	2.724
Portugal	936	1.237	*779*	901	1.147	692
República Dominicana	74	*35*	*91*	77	*51*	*65*
Uruguay	271	540	2.306	320	573	1.748
Venezuela	*36*	*57*	192	*-25*	*7*	*112*

10.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

10.3.1. Inundaciones

Las inundaciones son un fenómeno global que pueden causar devastación generalizada, daños económicos y pérdida de vidas. El cambio climático aparece recurrentemente como una de las posibles causas de las inundaciones, y esto es porque si bien por una parte se manifiesta asociado a un incremento en la precipitación en algunas regiones de los países RIOCC, en mayor medida se presenta a través de un aumento en la frecuencia e intensidad de precipitaciones intensas, cuyas posibilidades de convertirse en catástrofe aumentan significativamente cuando caen sobre un territorio que ha sido utilizado discrecionalmente. Es así como se identifican múltiples causas de afectación de la superficie que se vinculan necesariamente con la ocurrencia de inundaciones, entre las que se encuentran la deforestación, el monocultivo, las intervenciones específicas que modifican el escurrimiento natural y los desarrollos urbanísticos en áreas inundables.

Por ejemplo, las inundaciones que se desarrollan en Argentina son de diferentes tipos (mayormente urbanas, de llanura, ribereñas) y, según un informe del Banco Mundial (2016), representan el 60 % de las catástrofes que tienen lugar anualmente. En particular, aquellas que afectan a ciudades ven los impactos de las lluvias intensas y la falta de planificación exacerbados debido al carácter hiperurbanizado del país, donde 9 de cada 10 habitantes viven en ciudades (ver **Capítulo 13** de este mismo informe).

10.3.2. Sequías

Las sequías imponen una limitación al desarrollo económico, social y ambiental de un territorio con numerosos efectos debido a las restricciones asociadas a la provisión de agua a las poblaciones (ver **Capítulo 6**), a actividades agrícolas (ver

Capítulo 7) o a la industria. Los impactos que provocan las sequías son de orden social, ambiental y económico e incluyen: degradación y pérdida de nutrientes de los suelos desprotegidos debido a la erosión eólica e hídrica, degradación o destrucción de bosques (incendios forestales, ver **Capítulo 12**), deshidratación y muerte de flora, migración o muerte de fauna, disminución en la recarga de acuíferos y su sobreexplotación, afectación en la calidad del agua, reducción en la producción agrícola, conflictos entre los diferentes usuarios del agua, deterioro en la salud pública, migración, etcétera.

La duración y los impactos de las sequías pueden variar en cada país. Mientras que en aquellos que carecen de infraestructuras de almacenamiento de agua y el suministro de agua dependen directamente de la precipitación, y una disminución en las lluvias durante algunos meses puede dar lugar a una sequía, en otros países que tienen suficientes infraestructuras de almacenamiento de agua los mayores impactos tienen lugar cuando se producen déficits de agua durante varios años consecutivos.

Por ejemplo, en Bolivia, los mayores impactos de la sequía se sienten en la agricultura debido a que solo el 5 % de esta actividad cuenta con riego complementario y/o suplementario, seguido del sector de provisión de agua potable. Este sector no fue severamente afectado hasta la sequía de 2015-2017, cuando los impactos llegaron al área urbana y afectaron a siete ciudades del país. En dicho evento se demostró que ni las ciudades bolivianas ni sus sistemas de distribución se encuentran preparados para recortes en la distribución de agua, provocando conflictos por el uso del agua. En Brasil, la sequía ha sido común en todas las regiones. En el periodo 2014-2016 algunas de sus más importantes ciudades se encontraron al borde de un colapso debido al limitado abastecimiento hídrico. La región Metropolitana de São Paulo, con más de 20 millones de habitantes, atravesó una severa sequía, que provocó la peor crisis hídrica que ha enfrentado aquella zona (Vásquez, 2018). El fenómeno afectó incluso a la Amazonia, donde en los últimos años la sequía ha sido señalada como un factor agravante de la ocurrencia de incendios forestales (UNESCO, 2018).

El registro histórico de la ocurrencia de sequías en Chile da cuenta del importante impacto que algunos eventos han tenido en las dimensiones económicas, sociales y políticas en el país, particularmente en los sectores agrícola y forestal, suministro de agua potable, energético, y ambiental. En 2010 se inició el fenómeno conocido como megasequía de Chile central, caracterizado por un déficit hídrico aproximado del 30 %. Los impactos de este fenómeno se asocian, entre otros, a una fuerte reducción en la disponibilidad de agua (un 70 % de déficit en los caudales medios en las regiones de Coquimbo y Valparaíso), a la disminución progresiva en los niveles de aguas subterráneas, a un notable deterioro de la vegetación no irrigada en Chile central, al incremento de un 70 % en la superficie forestal quemada y a la promulgación de un número significativo de Decretos de Escasez Hídrica por parte de la Dirección General de Aguas (UNESCO, 2018).

España es un país especialmente afectado por el fenómeno de la sequía. Durante la ocurrida en el periodo 1992-1995, las organizaciones agrarias estimaron pérdidas del orden de 9.000 millones de euros, mientras que en el evento del año 2017, considerado uno de los peores de los últimos años, se registraron severas consecuencias en la producción de hidroelectricidad, que se vio reducida en casi un 50 %. En México, durante la sequía prolongada de 2011-2012, una de las más severas y dañinas de las últimas décadas, el 86 % del territorio mexicano experimentó una grave crisis de agua que afectó a más de 300.000 personas en los sectores agrícola y ganadero, 800.000 hectáreas agrícolas y 1,3 millones de cabezas de ganado (CENAPRED, 2013).

Un reporte reciente (Christian Aid, 2018) identifica los 10 eventos climáticos extremos (sequías, inundaciones, incendios, olas de calor, tifones, huracanes) más destructivos del año 2018. Entre ellos, figura uno ocurrido en Iberoamérica: la sequía en Argentina desarrollada entre fines de 2017 y abril de 2018. Durante ese periodo, las precipitaciones en algunas partes del país fueron menores al 50 % de lo normal convirtiéndose en la peor sequía del país en 50 años. Como consecuencia, las cosechas de soja y maíz fueron 31 % y 20 % inferiores a las del año anterior, respectivamente, lo cual se tradujo en pérdidas económicas de 6.000 millones de dólares.

10.4. Medidas de adaptación

10.4.1. Opciones de adaptación

En esta sección se detallan una serie de posibles opciones de adaptación planificada para minimizar las consecuencias de inundaciones y sequías. Como se verá, para ambos fenómenos estas medidas podrán ser tanto estructurales como no estructurales. Aquellas que incluyan la construcción de infraestructura pueden ser costosas y difíciles de revertir en el caso de que con el avance del conocimiento o reducción de incertidumbres sobre los escenarios climáticos futuros su ejecución deje de tener sentido. En contraposición, hay otras medidas, tales como las vinculadas a la capacitación, la promoción de la investigación o el fortalecimiento de sistemas de monitoreo, que serán más fáciles de revertir frente a cambios en las perspectivas del clima futuro. Por otro lado, en la selección de medidas a implementar, también deberán evaluarse los cobeneficios de cada una de ellas. En consecuencia, el diseño de un plan de adaptación exige un análisis profundo de cada situación, y la consideración de aspectos sociales, económicos, culturales, así como de recursos y capacidades de la Administración responsable de su implementación.

A continuación, se presenta un listado de posibles medidas de adaptación a inundaciones:

1. Fortalecimiento de planes de manejo de recursos hídricos entre autoridades de cuenca debido a excedentes hídricos.
2. Elaboración de planes específicos de gestión de riesgo de inundación que contemplen la influencia del cambio climático.
3. Realización de obras de defensa contra inundaciones y de conducción o retención de los excedentes hídricos

debidos a la frecuencia de precipitaciones extremas en áreas urbanas y rurales.

4. Desarrollo de planes de ordenamiento urbano-ambiental que consideren los niveles de riesgo.
5. Inversión en equipamiento y desarrollo de recursos humanos para sistemas de alerta hidrológicos.
6. Redefinición y adecuación de parámetros de diseño de las obras de infraestructura teniendo en cuenta las nuevas condiciones climáticas.
7. Recuperación del espacio fluvial, laminación de avenidas y reducción de la fuerza de flujo, mejora del estado de conservación de los ecosistemas acuáticos y recuperación de la conectividad fluvial.
8. Frenar los acelerados procesos de deforestación de las cuencas hidrográficas e implementar programas de reforestación con especies nativas.

Entre las opciones de adaptación posibles para mitigar el riesgo de sequías se cuentan las siguientes:

1. Protección de las zonas de recarga hídrica.
2. Minimización de pérdidas de agua en el sistema de distribución.
3. Monitoreo de los niveles de agua subterránea en acuíferos para activar advertencias de posible sobreextracción y de esta forma ajustar escenarios de bombeo.
4. Desarrollo de iniciativas de gestión encaminadas a reducir la demanda neta mediante políticas de fijación de precios o por restricciones en el uso del agua.
5. Mejora de la eficiencia en el uso del agua para riego a través de cambios en las prácticas utilizadas.
6. Desarrollo de obras de infraestructura que permitan incrementar la oferta de agua en la región.
7. Implementación de incentivos fiscales que favorezcan la diversificación de cultivos con mayores beneficios para aquellos que son más resistentes a sequías.
8. Promoción de la investigación y desarrollo de nuevas variedades de cultivos más resistentes a las sequías.
9. Capacitación de los productores para que ajusten las prácticas de manejo agropecuario (por ejemplo, cambios en las fechas de siembra/cosecha en función de las nuevas condiciones climáticas).
10. Fortalecimiento del sistema de monitoreo ambiental a partir de la instalación de estaciones meteorológicas automáticas que brinden información de acceso gratuito en tiempo real.

10.4.2. Actividades de adaptación planificada

En esta sección se presentan algunos ejemplos de las actividades que se desarrollan en la región iberoamericana y de las cuales forma parte la adaptación al cambio climático desde una perspectiva amplia, esto es, que incluyen las sequías e inundaciones, pero que no necesariamente se restringen a estos fenómenos. Podrán encontrarse más ejemplos sobre adaptación a sequías en los **Capítulos 6** y **7** y ante inundaciones, en los **Capítulos 9, 11, 13** y **14** de este mismo informe.

10.4.2.1. Escala supranacional

En el año 2013, el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) presentó su programa de adaptación al cambio climático, que incluye un conjunto de propuestas y acciones concretas con el fin de promover y apoyar procesos planificados de adaptación a nivel de políticas, planes, programas y proyectos, para orientar la construcción del desarrollo sostenible en todos los países miembros de América Latina y el Caribe. Este programa se desarrolla en cinco líneas estratégicas:

1. Promover el acceso al flujo de los recursos financieros en materia de adaptación.
2. Fortalecer la capacidad institucional de los sectores público y privado en materia de adaptación.
3. Promover medidas de adaptación concretas sobre el terreno como respuesta a las necesidades más inminentes de los países.
4. Apoyar la generación y la gestión del conocimiento.
5. Desarrollar acciones destinadas a reforzar las capacidades internas del CAF y a integrar las consideraciones climáticas en el conjunto de operaciones apoyadas por el banco.

Por su parte, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) conformó la Red de Cambio Climático, integrada por funcionarios públicos de alto nivel a cargo de las políticas relacionadas con el cambio climático en América Latina y el Caribe. El propósito de la red es crear un espacio de diálogo entre los principales agentes de la región y los especialistas del BID. La red se centra en dos líneas de actividades:

1. Acciones de los Gobiernos nacionales de la región en la implementación de estrategias y programas sobre cambio climático y adopción de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en actividades clave del sector económico.
2. Integración del cambio climático en la política de desarrollo de los países miembros prestatarios.

En el año 2013, la Comisión Europea puso en marcha la Estrategia de adaptación de la Unión Europea (UE) con el objeto de coordinar los sectores y políticas nacionales y abordar algunas cuestiones climáticas de carácter transfronterizo entre los Estados miembros. Los objetivos específicos de la estrategia son:

1. Aumentar la resiliencia de los países, regiones y ciudades de la UE.
2. Tomar decisiones con mayor conocimiento de causa.

3. Aumentar la resiliencia de sectores vulnerables clave e integrar la adaptación.

Entre los Estados miembros con una estrategia nacional de adaptación acorde con esta propuesta se encuentran España y Portugal.

En 2019, el Grupo Banco Mundial puso en marcha su Plan de Acción de Adaptación al Cambio Climático y Resiliencia (World Bank, 2019) con el que incrementará el financiamiento destinado de manera directa a proyectos de adaptación al cambio climático hasta alcanzar los 50.000 millones de dólares en el periodo 2021-2025. De esta forma se respaldarán actividades tales como las siguientes:

1. Mejora de la calidad de los pronósticos, los sistemas de alerta temprana y los servicios de información climática.
2. Apoyo a 100 cuencas hidrográficas mediante planes de gestión que tengan en cuenta el clima o a través de un manejo mejorado.
3. Desarrollo de sistemas de protección social que puedan responder más adecuadamente ante el cambio climático.

10.4.2.2. Escala nacional y subnacional

Los casos de adaptación a nivel nacional son múltiples. Por ejemplo, España tiene una alta irregularidad en la distribución temporal y espacial de los recursos hídricos, viéndose muchas zonas en su territorio afectadas por la escasez de agua y por sequías frecuentes, así como por inundaciones. Existe un largo recorrido en España en materia de gobernanza y planificación hidrológica a través de los organismos de cuenca (o confederaciones hidrográficas), modelo que se tomó como referencia en la Directiva Marco del Agua. La implementación de políticas y acciones como la puesta en marcha de un sistema de indicadores a escala nacional, el desarrollo de los planes de gestión de sequías (los denominados Planes Especiales de Sequías o PES) y la implicación de los usuarios y de la sociedad civil están minimizando los impactos socioeconómicos y ambientales de las sequías. La mayoría de estas políticas tiene su origen en la grave sequía que se produjo en España entre 1991 y 1995. Sus elevados impactos económicos, sociales y medioambientales sirvieron para que se crease una conciencia sobre la necesidad de que las Administraciones considerasen la sequía como un hecho normal y recurrente del clima en España y que las políticas en torno a la sequía pasasen de adoptar un enfoque de gestión de crisis a otro enfoque planificado de gestión del riesgo de sequía. Con respecto a las inundaciones, cabe resaltar los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI). En la actualidad, se están tratando de incorporar las previsiones de escenarios de cambio climático en la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) en el segundo ciclo de planificación de los PGRI (MITECO, 2018).

Costa Rica es altamente vulnerable ante los efectos adversos del cambio climático, siendo relevantes los riesgos por eventos hidrometeorológicos extremos, que en la actualidad se manifiestan en crecientes pérdidas y daños (MINAE, 2018). Estos eventos, sumados a las condiciones de exposición y vulnerabilidad en las que viven amplios segmentos de la sociedad, generan conflictos sociales y una erosión permanente de los activos del desarrollo del país. Los objetivos específicos de esta política son:

1. Fortalecer capacidades y condiciones de resiliencia.
2. Reducir vulnerabilidad/daños y pérdidas.
3. Aprovechar oportunidades.

El Plan de Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario de Perú para el periodo 2012-2021 (MINAG, 2012) es un instrumento de gestión que proporciona estrategias, lineamientos de políticas, propuestas y acciones consensuadas con las regiones para la reducción de los riesgos, vulnerabilidades y disminuir los efectos del cambio climático que impactan directamente sobre la producción agropecuaria de mediana y pequeña escala poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las poblaciones vulnerables. Para la gestión de riesgo agrario se priorizaron cuatro peligros climáticos, siendo dos de ellos las sequías y las inundaciones.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático de México (ENCC, 2013) establece tres ejes estratégicos en materia de adaptación a un conjunto de fenómenos climáticos que incluyen las sequías e inundaciones como amenazas principales y ante los cuales el país es especialmente vulnerable. Estos ejes son:

1. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático.
2. Reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas productivos ante los efectos del cambio climático.
3. Conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen.

En el caso de Argentina, tanto las sequías como las inundaciones son adversidades que afectan de forma recurrente y con extrema severidad a diversas regiones del país, causando pérdidas económicas significativas, disrupciones en los procesos industriales e importantes alteraciones en las actividades sociales. Actualmente se están desarrollando metodologías para reducir la vulnerabilidad y el riesgo a ambos eventos, en particular para aquellas áreas y sectores sociales más sensibles en el marco de la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres (EIRD). Asimismo, mediante la Ley 27.287, sancionada en 2016, se creó el Sistema Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Protección Civil (SINAGIR) con el objeto de materializar los esfuerzos y consensos necesarios para que el Estado pueda diseñar una política de reducción del riesgo de desastres y protección civil.

10.4.2.3. Escala local o municipal

Las iniciativas encaradas por numerosas ciudades de la región RIOCC tienen como objetivo general hacer transversal el cono-

cimiento y orientar a la acción en materia de cambio climático entre las distintas áreas o departamentos de las Administraciones locales para influir en la toma de decisiones y desarrollo de políticas. Son numerosas las ciudades de la región que cuentan con planes locales de adaptación y/o que integran agrupaciones internacionales de ciudades como C40 (Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Curitiba, Guadalajara, Lima, Lisboa, Madrid, Medellín, Ciudad de México, Quito, Río de Janeiro, Salvador, Santiago, São Paulo) https://www.c40.org/) y el Pacto de Alcaldes por el Clima y la Energía (mayoritariamente ciudades de la Península Ibérica y solo tres de América Latina http://pactodealcaldes-la.eu/). También se han creado redes de ciudades a nivel nacional, como la Red de Ciudades Resilientes en México, la Red Española de Ciudades por el Clima (http://www.redciudadesclima.es/) y la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (https://www.ramcc.net/). A continuación, se presentan algunos ejemplos de acciones de adaptación frente a sequías e inundaciones implementadas por centros urbanos de la región.

El caso más grave de inundación ocurrido en una ciudad argentina tuvo lugar el 2 de abril de 2013. Ese día cayeron más de 400 milímetros en cuatro horas en la ciudad de La Plata (800.000 habitantes), provocando decenas de víctimas fatales. Como respuesta a este evento se implementó el Sistema Integrado de Monitoreo y Alerta Temprana Hidroambiental (SIMATH, https://www.gba.gob.ar/ciencia/simath), consistente en la articulación de diferentes redes de medición hidrometeorológicas/ambientales para la detección temprana de inundaciones y sequías y como instrumento para anticipar e implementar medidas de acción sobre 135 municipios en la provincia de Buenos Aires (Argentina).

El abastecimiento de agua a la ciudad de Trujillo (Perú) se origina en dos fuentes diferentes: en la cuenca del río Moche y en la del río Santa. El sector de riego es muy importante para la economía de Trujillo y su sostenibilidad social. Con los grandes aumentos previstos en la población urbana y la demanda correspondiente de agua en las próximas décadas, así como la actual capacidad del sistema de satisfacer la demanda actual, el sistema de suministro de agua de Trujillo es a la vez sensible y vulnerable a los cambios en la disponibilidad de agua. Las medidas de adaptación propuestas bajo condiciones de un clima más seco incluyen el monitoreo de los niveles de agua subterránea para activar advertencias de posible sobreextracción y alterar en consecuencia los escenarios de bombeo y minimizar las pérdidas en el sistema de distribución (reducción de presión y/u obras de reemplazo) (BID, 2015).

10.4.3. Actividades de adaptación autónoma

Mientras que los enfoques planificados de la adaptación basados en la evaluación de vulnerabilidades son importantes, es igualmente relevante entender y permitir las respuestas adaptativas que tienen lugar de una manera espontánea en la sociedad. La adaptación autónoma tiene normalmente lugar cuando los beneficios corresponden principalmente a aquellos que participan en la adaptación, y en este sentido, la educación y el fortalecimiento de las capacidades son esenciales no solo para promover respuestas adaptativas, sino también para impedir los efectos adversos de las medidas de adaptación autónoma. Por ejemplo, en las regiones expuestas a la sequía, los individuos podrían adaptarse usando más agua para la irrigación o perforando sus propios pozos, aunque esto probablemente agravaría la situación al reducirse la disponibilidad total de agua. Con respecto a eventos de inundación, muchas de las medidas de adaptación autónoma incluyen la construcción de diversos tipos de infraestructuras hidráulicas de defensa (diques, terraplenes, muros de contención, canalizaciones, desvíos de los cursos de agua y construcción de presas y embalses artificiales) que podrían causar impactos negativos, ya que no forman parte de una planificación integrada del recurso hídrico, pudiendo agravar las condiciones de exceso/déficit de agua en zonas aledañas.

Entre los ejemplos para asegurar la disponibilidad de agua y propiciar el uso eficiente de la misma ante periodos de escasez se encuentran los tajamares, que son embalses con una cortina de tierra apisonada que detiene el escurrimiento y ayuda a formar un lago. Estas estructuras son frecuentemente utilizadas en ganadería como fuente suplementaria de agua para los animales o las pasturas en Uruguay, Argentina y Paraguay (Magrin, 2015). Asimismo, destacan los atajados, estanques construidos en la tierra que se utilizan para recolectar agua de lluvia para ser aprovechada en momentos en los que su disponibilidad es insuficiente. Experiencias recogidas en Cochabamba (Bolivia) muestran que las familias que disponen de un atajado reducen el peligro de merma o pérdida completa de su cosecha y tienen la posibilidad de diversificar e intensificar la producción agrícola y producir forraje para el ganado (Magrin, 2015). Más ejemplos de adaptación autónoma a excesos y déficits de agua pueden encontrarse en los **Capítulos 6** y **7** del presente informe.

10.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Entre los principales obstáculos identificados en la planificación de la adaptación para los efectos de sequías e inundaciones se encuentran el financiamiento necesario para la integración y recopilación de información y la preparación de los planes. Los contextos institucionales, normativos, administrativos, económicos y sociales existentes en cada situación pueden interferir en la obtención de recursos financieros y capacidad técnica e institucional para implementar medidas concretas de adaptación. Otras barreras son el conocimiento limitado de la variabilidad climática y las incertidumbres acerca del clima futuro, la conciencia insuficiente tanto de los actores políticos como de la población en general, la falta de normativas y la comunicación a veces escasa de las necesidades de adaptación.

En términos de oportunidades, la inclusión de enfoques participativos con distintos sectores de la sociedad como parte

de la formulación e implementación de planes de adaptación es de gran importancia, ya que permite fortalecer las capacidades locales ante los desafíos que presentan los impactos del cambio climático. Permite, además, tomar en cuenta las experiencias y conocimiento local de las comunidades con el fin de priorizar medidas adecuadas.

Uno de los mayores desafíos que involucra el diseño de medidas de adaptación al cambio climático es pensar estas medidas de forma integrada con las de mitigación con el objeto de generar sinergias entre ellas, esto es, buscando maximizar los beneficios de la mitigación y adaptación, por una parte, y minimizando las potenciales disyuntivas entre ellas para promover el desarrollo sostenible, por la otra. Como ejemplo de esto se pueden considerar los techos o terrazas verdes que de forma simultánea actúan retirando dióxido de carbono de la atmósfera a partir de la fotosíntesis y, por lo tanto, contribuyen a la mitigación del cambio climático y además son eficientes para retener agua de lluvia y prevenir inundaciones como una medida de adaptación. Un ejemplo de factibilidad de esta estrategia es el análisis realizado acerca de la utilización de terrazas verdes en la región central de Chile como estrategia de mitigación de inundaciones (Mora-Melià *et ál.,* 2018).

10.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

En esta sección se presentan algunos ejemplos de métricas utilizadas para evaluar el progreso de la adaptación ante la ocurrencia de sequías e inundaciones en el contexto de cambio climático. Los indicadores que se enumeran a continuación forman parte del Repositorio de Indicadores de Adaptación (GIZ, 2014).

Los indicadores pueden clasificarse entre aquellos que miden el impacto climático, los que buscan monitorear la implementación de las medidas de adaptación (por ejemplo, número de talleres de sensibilización organizados, porcentaje de códigos de construcción actualizados, etc.) y los que tienen como finalidad evaluar los resultados de las estrategias de adaptación (por ejemplo, porcentaje de aumento en el rendimiento del cultivo por hectárea durante un periodo seco), resultados que se entienden en términos del aumento de la capacidad adaptativa o de la reducción de la sensibilidad a estrés climáticos, o una combinación de estos.

Algunos de los indicadores propuestos para medir el impacto climático son:

- Número de hogares afectados por la sequía.
- Porcentaje total de ganado muerto por la sequía.
- Número de personas que viven en zonas propensas a inundaciones.
- Número de propiedades inundadas por año.
- Número de propiedades ubicadas en el río/planicie de inundación costera.
- Número de empresas ubicadas en zonas de riesgo de inundación/erosión costera.
- Número de hospitales ubicados en zonas de riesgo de inundación/erosión costera.
- Número de hogares dentro de las comunidades más marginadas situadas en zonas de riesgo de inundación/erosión costera.
- Superficie forestal total afectada por incendios forestales al año.
- Longitud total de la red de alcantarillado y drenaje en riesgo por amenazas climáticas.
- Interrupción del suministro eléctrico relacionado con el clima.
- Pérdidas financieras por eventos climáticos extremos.
- Número de casos de enfermedades transmitidas por el agua.
- Número de personas desplazadas permanentemente de sus hogares como resultado de inundaciones o sequías.

Algunos de los indicadores que permiten monitorear la implementación de medidas de adaptación son:

- Número de guías metodológicas producidas para evaluar los impactos de eventos climáticos.
- Número de herramientas sensibles al clima desarrolladas y probadas.
- Número de actores vulnerables que utilizan herramientas sensibles al clima para responder a la variabilidad climática o cambio climático.
- Número de herramientas de comunicación que incorporan adaptación al cambio climático.
- Número de campañas de sensibilización pública sobre la eficiencia del agua.
- Número de visitantes al sitio web nacional sobre adaptación climática.
- Porcentaje de cámaras de comercio e industria que utilizan y distribuyen información climática.
- Número de mejores prácticas de adaptación urbana diseminadas.
- Porcentaje de la población que vive en áreas propensas a la inundación y/o sequía con acceso a pronósticos de lluvia.
- Número de funcionarios del Gobierno que han recibido capacitación en adaptación.
- Grado de integración del cambio climático en la planificación para el desarrollo.

- Número de políticas y mecanismos de coordinación que abordan explícitamente el cambio climático y la resiliencia.
- Número de políticas, planes o programas introducidos o ajustados que integran riesgos climáticos.

Entre los indicadores de resultados de la adaptación se pueden mencionar los siguientes:

- Porcentaje de personas en condiciones de pobreza en áreas propensas a la sequía con acceso a agua segura y confiable.
- Porcentaje de hogares con reducción de riesgo de inundaciones debido a la construcción de defensas nuevas o mejoradas.
- Reducción de costos de los daños por inundaciones y alivio de desastres en ciudades por el aumento de los estándares de protección contra inundaciones y la mejora en la preparación ante emergencias por inundaciones.
- Porcentaje de tierras de cultivo cubiertas por seguro de cosechas.
- Porcentaje de forraje adicional para el ganado de pastoreo.
- Aumento en la productividad agrícola mediante el riego de tierra cosechada.
- Aumento en el porcentaje de cultivos resilientes al clima que se utilizan.
- Porcentaje de superficie cultivada con variedades resistentes a la sequía.

10.7. Casos de estudio

A continuación, se presentan algunos casos de estudio sobre inundaciones y sequías. Cabe destacar que existen conexiones entre la temática de este capítulo y la de otros de este mismo informe, por lo que se recomienda consultar también los casos de estudio de los capítulos sobre recursos hídricos (**Capítulo 6**), recursos agropecuarios (**Capítulo 7**), tormentas y huracanes (**Capítulo 9**) y deslizamientos (**Capítulo 11**), entre otros. También en el capítulo sobre ecosistemas terrestres (**Capítulo 3**) se ha incluido el caso de río Órbigo (España) como ejemplo de gestión del riesgo de inundaciones, así como otros ejemplos de soluciones basadas en la naturaleza.

10.7.1. Plan Integral de Cambio Climático para el departamento del Chocó (PICC-Chocó), Colombia

10.7.1.1. Resumen del caso

El departamento del Chocó (Colombia) es una de las regiones del mundo con mayor precipitación que junto con elevados niveles de pobreza la convierten en una región altamente vulnerable a inundaciones y deslizamientos. El PICC-Chocó busca crear herramientas que salvaguarden los procesos evolutivos y la oferta ambiental en la región, así como crear estrategias para hacer frente al cambio climático. Asimismo, pretende crear conciencia de la situación que se enfrenta y de esta manera poder preparar el territorio para la toma de decisiones acertadas en el contexto del cambio climático y las implicaciones socioambientales que engloba. El plan que aquí se presenta está diseñado a partir de seis programas que se basan en el marco político, normativo y conceptual del país, y están apoyados en la información de contexto territorial y temática que se recopiló durante una etapa de diagnóstico.

10.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

El departamento de Chocó está localizado sobre la costa pacífica y alberga una de las regiones más lluviosas del planeta, con una precipitación media anual de entre 12.000 y 13.000 mm (Poveda y Mesa, 2000), por lo que es altamente vulnerable a inundaciones y deslizamientos. Además, se trata de una región que presenta uno de los mayores niveles de atraso socioeconómico y pobreza de Colombia, lo cual exacerba la vulnerabilidad socioambiental. El PICC-Chocó formulado a través de un convenio celebrado entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico tiene como objetivo preparar al departamento en la mitigación de gases de efecto invernadero y la adaptación a fenómenos climáticos extremos.

10.7.1.3. Descripción del caso

Para enfrentar las amenazas del cambio climático, se diseñó el PICC-Chocó (MADS, 2016). Dicho plan fue estructurado en seis programas: (1) la educación ambiental como fundamento, soporte y estructura de una nueva cultura ciudadana e institucional para afrontar el cambio climático en el Chocó; (2) la producción de datos, información y conocimiento como fundamento de la innovación y las decisiones para afrontar el cambio climático en el Chocó; (3) la gestión oportuna y efectiva del conocimiento y la información como estrategia para la toma de decisiones informadas en materia de cambio climático; (4) la articulación y el fortalecimiento institucional y comunitario, condición para afrontar de manera mancomunada el cambio climático en el Chocó; (5) el ordenamiento ambiental y productivo del territorio, la forma de retornar a un modelo de desarrollo pensado desde la sostenibilidad para afrontar el cambio climático en el Chocó, y (6) la reducción de la vulnerabilidad y mejoramiento de la capacidad de adaptación, mecanismos de atención integral a las comunidades para afrontar el cambio climático (ver **Figura 10.11**). Estos programas están basados en el marco político, normativo y conceptual de Colombia, y están apoyados en la información



Figura 10.11. Esquema conceptual del Plan Integral de Cambio Climático del departamento del Chocó, Colombia. Fuente: MADS, 2016.

de contexto territorial y temática que se levantó durante el proceso de diagnóstico del departamento del Chocó.

10.7.1.4. Limitaciones e interacciones

El PICC-Chocó incluye una propuesta de plan de acción para garantizar su implementación en el corto plazo y promover una evaluación permanente de su desarrollo con la finalidad de, en caso de ser necesario, poder ejecutar medidas correctivas a tiempo. Para ello, identifica instituciones y actores sociales responsables de cada actividad, prioriza las acciones que son urgentes de realizar, ubicando en una línea de tiempo su ejecución, identifica los sitios donde dichas acciones deben desarrollarse y, por último, propone un mecanismo de seguimiento y monitoreo. Por otra parte, la implementación del plan deberá estar acompañada de un proceso de consolidación y concertación de estrategias de trabajo en el territorio considerando los nuevos escenarios de convivencia en la región orientados por la firma de los acuerdos de paz y a través de diálogos regionales. De esta forma se buscará garantizar un proceso colectivo de desarrollo del departamento que permita enfrentar con decisión la cultura de la ilegalidad existente tanto en el manejo del territorio como en el aprovechamiento de sus recursos naturales.

10.7.1.5. Lecciones identificadas

El PICC-Chocó no solo constituye una herramienta para la puesta en marcha de acciones para hacer frente al cambio climático en la región, sino que además representa un instrumento de empoderamiento territorial, y un elemento fundamental que apoya la consolidación del propósito de autonomía y gobernanza del territorio.

10.7.2. Proyecto de adaptación y resiliencia de la agricultura familiar del Nordeste de Argentina (NEA) ante el impacto del cambio climático y su variabilidad

10.7.2.1. Resumen del caso

En el Nordeste de Argentina (NEA), la influencia del clima más relevante está dada por la variabilidad de la precipitación, que la hace atravesar sequías intensas e inundaciones en cortos periodos de tiempo. Esta variabilidad crea una limitación en el acceso al agua para propósitos productivos y para el uso multipropósito en una zona donde la mayor parte de los productores pertenecen a la pequeña agricultura familiar. El objetivo general del proyecto desarrollado entre los años 2013 y 2018 y financiado por el Fondo de Adaptación establecido por la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático consistió en aumentar la capacidad adaptativa y resiliencia de 3.591 familias de pequeños productores agrícolas frente a los impactos del cambio climático y la variabilidad, en especial aquellos derivados del aumento en intensidad de eventos hidrometeorológicos, como inundaciones y sequías.

10.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

El NEA abarca 338.679 km^2 (12,1 % de la superficie continental del país, **Figura 10.12**) y es heterogéneo desde

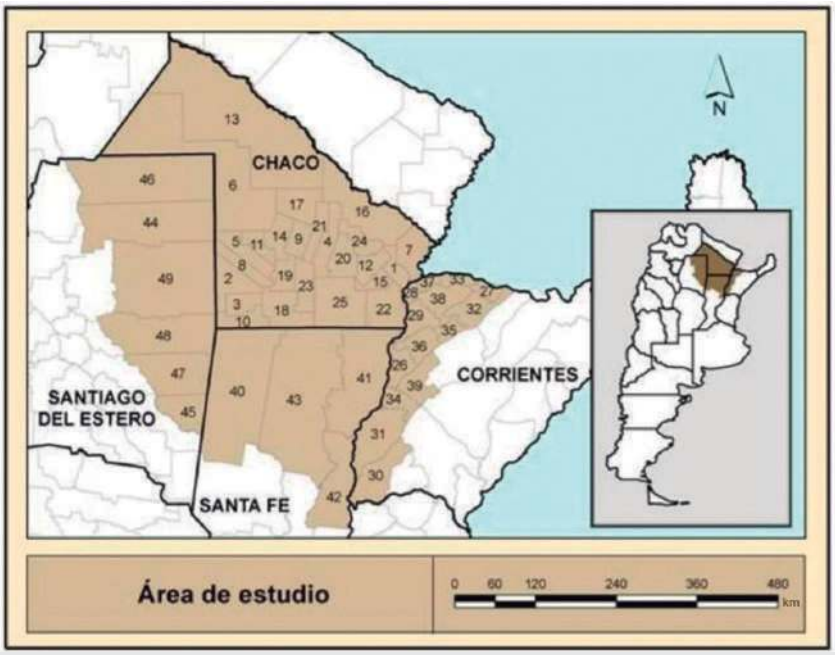


Figura 10.12. Área de cobertura del proyecto de adaptación y resiliencia de la agricultura familiar del Nordeste de Argentina (NEA) ante el impacto del cambio climático y su variabilidad.

el punto de vista ambiental. El 80 % de sus productores pertenecen a la pequeña escala familiar y se dedican a la producción de algodón, yerba mate, cabras y ganado vacuno. También presenta una importante actividad forestal y de industria maderera. Otro de los elementos que destacan en la región es la presencia de comunidades de pueblos originarios. La influencia del clima más marcada está dada por la variabilidad, en especial la interanual, que produce una gran variación en la lluvia que limita el acceso a agua segura tanto para consumo humano como para fines productivos.

10.7.2.3. Descripción del caso

Entre octubre de 2013 y diciembre de 2018, la antigua Unidad para el Cambio Rural (UCAR), actual Dirección General de Programas y Proyectos Sectoriales y Especiales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, implementó en el NEA un proyecto financiado por el Fondo de Adaptación establecido por la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático con el objeto de aumentar la capacidad adaptativa y resiliencia de los pequeños productores agrícolas familiares frente a los impactos de eventos hidrometeorológicos como inundaciones y sequías.

Los logros alcanzados incluyen el acceso al agua segura para más de 1.300 familias y 800 alumnos y docentes de 12 escuelas, optimización de prácticas agropecuarias (estructuras de protección de cultivos como macrotúneles, invernáculos, media-sombra y sistemas de riego por goteo), fortalecimiento de los sistemas de monitoreo agrometeorológicos y agroproductivos (instalación de nuevas estaciones meteorológicas automáticas y avances en la integración de las redes agrometeorológicas de distintos actores públicos y privados de la región) y aumento de la capacidad institucional para la toma de decisiones y gestión de las medidas y acciones de adaptación al cambio climático y su variabilidad (capacitación de técnicos, productores y población originaria en el enfoque de cambio climático y las tecnologías de captación de agua, prácticas de optimización agropecuaria y transferencia de riesgos).

10.7.2.4. Limitaciones e interacciones

La ejecución del proyecto estuvo a cargo de tres organismos que trabajaron forma articulada: el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y la Dirección Nacional de Cambio Climático de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Asimismo, contó con la colaboración del Ministerio de Producción y Trabajo a través de los programas de capacitación laboral, que actuaron como formadores en oficios de producción hortícola, ganadera, apícola y de promoción para el acceso y uso eficiente del agua.

10.7.2.5. Lecciones identificadas

En el momento de formulación del proyecto y durante los primeros años de su ejecución, no existían en Argentina planes nacionales, sectoriales o provinciales de adaptación. En consecuencia, el proyecto ha sido un antecedente importante para instalar el tema a nivel nacional y provincial.

El proyecto involucró a una gran cantidad de actores a través del intercambio de información, así como en las etapas de diseño, implementación y monitoreo. La experiencia y conocimiento de las entidades ejecutoras, de las organizaciones de productores y de la sociedad civil, compañías de seguro, municipios y universidades contribuyeron de forma exitosa con el diseño e implementación del proyecto. La temática de género fue transversal a todas las etapas del proyecto, dando como resultado un impacto importante en la vida de las mujeres de las familias productoras, tradicionalmente a cargo del acarreo del agua. De esta forma, al tener acceso a agua segura en sus predios, las mujeres lograron recuperar para otros usos cuatro horas diarias.

10.7.3. Cambio en la operación hidroeléctrica del río São Francisco, Brasil, por sequías

10.7.3.1. Resumen del caso

El río São Francisco, con 2.700 km de extensión y 2.810 m^3/s de caudal en su desembocadura en el océano Atlántico, es el tercero más importante de Brasil. Según el último censo (IBGE, 2010), la población residente en su cuenca es de aproximadamente 20 millones de personas. En años hidrológicos normales, las reglas de operación de las represas sobre el río funcionaron satisfactoriamente. Sin embargo, la sucesión de caudales muy bajos ocurridos en los últimos años obligó a cambios en las reglas de operación, lo que ocasionó impactos indeseables y conflictos con otros usos y usuarios de las aguas del río. Esta situación fue particularmente grave durante el periodo seco 2012-2016. En este caso se describe el contexto en el cual a partir de esta sequía se formularon nuevas reglas de operación para las represas.

10.7.3.2. Introducción a la problemática del caso

Entre los usos históricos de las aguas del río São Francisco están la navegación junto con el abastecimiento de agua y la pesca por parte de las comunidades ribereñas. Asimismo, el río cumple un rol esencial en el mantenimiento de la vida en el semiárido por la fertilización de sus planicies de inundación durante las periódicas crecientes, lo que permitió el desarrollo de la agricultura, la ganadería y el establecimiento de comunidades a lo largo del río. A partir de la segunda mitad del siglo XX, con la construcción de las grandes centrales hidroeléctricas que ocasionaron la regularización de caudales, se redujo la estacionalidad del río São Francisco. Las inversiones en infraestructura hidráulica y energética junto con el aumento de la población en la cuenca provocaron además el surgimiento de otros usos del agua y acciones sobre el río: el abastecimiento de agua para agricultura irrigada; el consumo humano e industrial; el control de las inundaciones; la piscicultura y el vertido de efluentes urbanos e industriales. La navegación también creció en importancia, y ya se encuentra en proyecto la nueva hidrovía del São Francisco.

Como resultado de una sequía en la región Nordeste de Brasil que comenzó en 2012 y se extendió durante varios años, el volumen de agua en los embalses en el río São Francisco cayó a niveles mínimos, a lo que le acompañó un aumento en la demanda de agua para irrigación y de la evaporación de las represas. La **Figura 10.13** muestra la evolución de los caudales naturalizados afluentes a la represa de Sobradinho, uno de los más importantes aprovechamientos del São Francisco, en el periodo 1930-2017. Se observa que a partir del año 2000 hay una reducción de los caudales afluentes por debajo de la media histórica del periodo 1931-1999, que se hace más acentuada a partir del año 2012. La secuencia de caudales desfavorables a partir de 2012 fue la más crítica de los registros históricos (França *et ál.,* 2017), siendo el año hidrológico 2015-2016 el más desfavorable.

10.7.3.3. Descripción del caso

Como consecuencia de la marcada reducción en el caudal del río São Francisco desde el año 2012, se identificó la necesidad de modificar la operación de los embalses, cuyo diseño había sido establecido en los años setenta, con el

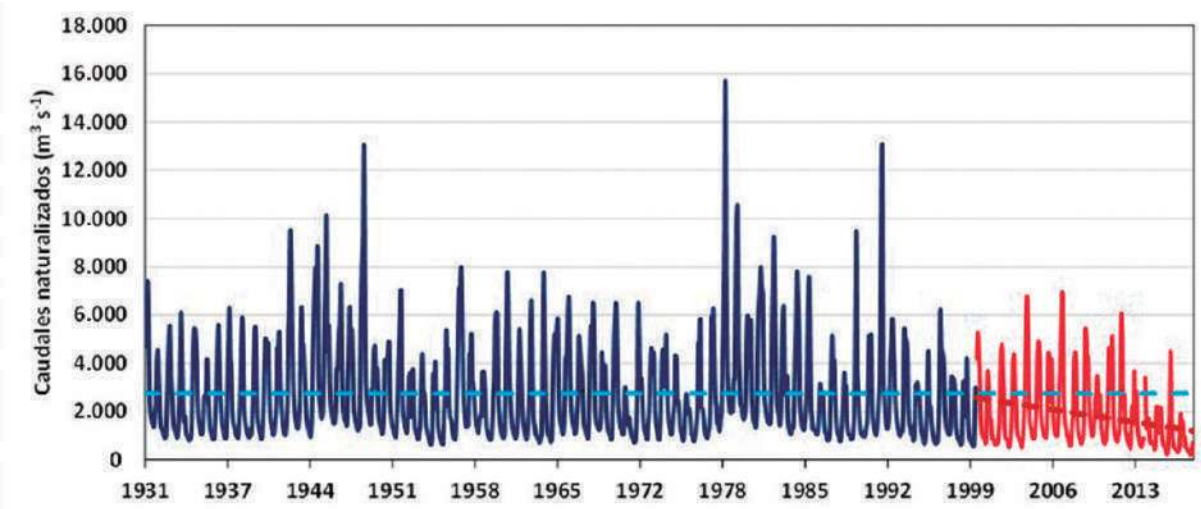


Figura 10.13. Caudales naturalizados afluentes a la represa de Sobradinho en el río São Francisco en el periodo 1930-2017. La línea discontinua de color azul claro indica el caudal promedio entre 1931 y 1999, siendo el año hidrológico 2015-2016 el más desfavorable. Fuente: França *et ál.,* 2017.

objeto de preservar los *stocks* de agua disponibles para atender a sus múltiples usos, principalmente el abastecimiento de agua de varias ciudades a lo largo del río y los grandes proyectos de irrigación.

A partir de la experiencia adquirida en la gestión de la crisis de escasez hídrica vivenciada en la cuenca entre los años 2012 y 2016, se evidenció, además, que la regla operativa a implementar debía estar asociada a un proceso decisorio ágil que propiciara una mayor seguridad hídrica para la cuenca. Por medio de la resolución de la Agencia Nacional de Aguas N.º 2081/2017 (ANA, 2017) quedaron establecidas fajas de operación de los embalses de la cascada de represas del río São Francisco. Las nuevas reglas operativas por faja son un importante cambio de paradigma del sistema eléctrico brasileño, que cuenta con más de 100 represas operando interconectadas.

10.7.3.4. Limitaciones e interacciones

La creación de las represas y la regularización de caudales en la cuenca del río São Francisco trajeron beneficios importantes. Estas obras hicieron que fuesen instalados más de 10.000 MW de capacidad de generación hidroeléctrica junto con criterios operacionales de la cascada de represas para maximizar la generación de energía almacenando el exceso de agua de los periodos lluviosos y utilizando esa reserva acumulada en los periodos de sequía. En ese contexto, una de las mayores fuentes de conflicto de la operación de represas se refiere al caudal mínimo de erogación y que puede significar restricciones en sus múltiples usos aguas abajo.

10.7.3.5. Lecciones identificadas

Las nuevas reglas de operación de embalses en el río São Francisco buscan atender la necesidad de adaptar el sistema hídrico a un nuevo referencial hidrometeorológico, reconociendo la importancia de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos. Al mismo tiempo, identifican como esencial los principios del uso múltiple, racional e integrado de los recursos hídricos con la finalidad de garantizar la seguridad hídrica de la cuenca.

10.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

El cambio climático está provocando y continuará produciendo variaciones en los patrones de déficit y excesos hídricos en la región RIOCC. Las medidas y políticas de adaptación al cambio climático deberán tener por objeto atender los cambios ya ocurridos y los proyectados para el futuro próximo. Sin embargo, para que las estrategias de adaptación a seguir sean realmente efectivas, es imprescindible reducir las incertidumbres con respecto a los cambios previstos, y ello solo podrá realizarse si se priorizan investigaciones en temas relativos a la ciencia climática con el objeto de evaluar de forma detallada y precisa los cambios observados y las perspectivas futuras para la región y se implementan mejoras en los sistemas de monitoreo y alerta climáticos e hidrológicos.

10.9. Conclusiones

El cambio climático ya está causando impactos significativos sobre la actividad económica, las condiciones sociales y en los ecosistemas. Las capacidades de la región, particularmente de los países de Latinoamérica, para soportar y adaptarse a los impactos negativos y a los riesgos futuros se debilitan por la alta incidencia de la pobreza, que se asocia con una infraestructura inadecuada, así como con un limitado acceso a los servicios. Una parte significativa de los residentes en los países de Latinoamérica se establece en viviendas precarias emplazadas en laderas con pendientes o llanuras proclives a la inundación, lo que los vuelve vulnerables a las tormentas e inundaciones. Asimismo, la ocurrencia de sequías en zonas de Iberoamérica impone una limitación al desarrollo económico, social y ambiental como resultado de las restricciones asociadas a la provisión de agua a las poblaciones, actividades agrícolas e industria. Por lo tanto, la adaptación al cambio climático a extremos hídricos en la región RIOCC es un problema social que debe ser incluido en las agendas de prioridades de corto plazo de los Gobiernos.

A lo largo de este capítulo se han presentado diversidad de ejemplos que indican que el proceso de adaptación al cambio climático en lo que se refiere a sequías e inundaciones ya ha comenzado en Iberoamérica. Sin embargo, con el objeto de acelerar la adaptación, los países deben tomar medidas, como por ejemplo, recabar mejores datos sobre los riesgos climáticos, crear capacidades de planificación y respuesta y mejorar la gestión de catástrofes y los seguros.

Preguntas frecuentes

1. ¿De qué forma el cambio climático afecta el ciclo del agua?

De forma simplificada se puede describir el ciclo del agua como el proceso a través del cual el agua se evapora desde la superficie terrestre y los océanos, se condensa en la atmósfera y finalmente regresa a la tierra en forma de lluvia y nieve. El cambio climático intensifica este ciclo porque a medida que aumenta la temperatura del aire se incrementa la evaporación. El aire más cálido puede contener más vapor de agua, lo que puede conducir en algunas regiones a lluvias más intensas

causando inundaciones, mientras que en otras zonas la evaporación exacerbada da como resultado sequías.

2. ¿Qué ocurrirá con las sequías si la temperatura global continúa aumentando?

Las proyecciones climáticas futuras muestran que algunas áreas se volverán más húmedas, mientras que otras tenderán a ser mucho más secas. El riesgo de sequía aumenta en muchas regiones del mundo, como la región del Mediterráneo en Europa, el Amazonas y el sur de África, con un calentamiento global de 1,5 °C respecto del periodo preindustrial, y el riesgo es significativamente mayor para un escenario de 2 °C de aumento de temperatura.

3. ¿Qué ocurrirá con las inundaciones si la temperatura global continúa aumentando?

El incremento de la temperatura global aumentaría en todos los continentes la frecuencia de ocurrencia de eventos de caudal extremo, lo que llevaría a un incremento en el riesgo de inundaciones de origen fluvial. Este riesgo será diferencial entre regionales como consecuencia en gran medida de la disparidad de las condiciones socioeconómicas locales.

4. ¿Cómo puede contribuir la ciencia con el diseño de estrategias de adaptación a sequías e inundaciones?

Una mejor comprensión y utilización de las predicciones de fenómenos hidrológicos obtenidas a través de modelos climáticos de alta resolución para predecir y prevenir el impacto de fenómenos hidrometeorológicos extremos puede colaborar con el proceso de toma de decisiones. Por ejemplo, las predicciones pueden ser usadas para optimizar la eficacia del funcionamiento del sistema hídrico frente a sequías teniendo en cuenta las necesidades de la agricultura y la generación de energía hidroeléctrica o en casos de excesos hídricos para prevención de la población que podría verse afectada.

Bibliografía

ANA, 2017: Resolução Agência Nacional de Águas – ANA N.° 2081/2017. Disponible en: http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/2081-2017.pdf

Alfieri, L., B. Bisselink, F. Dottori, G. Naumann, A. de Roo, P. Salamon, K. Wyser y L. Feyen, 2017: Global projections of river flood risk in a warmer world. *Earth's Future,* 5, 171-182, DOI: 10.1002/2016EF000485, http://doi.wiley.com/10.1002/2016EF000485

Arnell, N.W., Liu, C., R. Compagnucci, L. da Cunha, K. Hanaki, C. Howe, G. Mailu, I. Shiklomanov y E. Stakhiv, 2001: Hydrology and water resources. En: *IPCC Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability, The Third Assessment Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1000* [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken y K.S. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 133-191.

Asadieh, B. y N.Y. Krakauer, 2017: Global change in streamflow extremes under climate change over the 21st century. *Hydrol. Earth Syst. Sci.,* 21, 5863-5874.

Banco Mundial, 2016: *Argentina, country environmental analysis.* Disponible en: http://documentos.bancomundial.org/curated/es/218361479799045279/Argentina-Country-environmental-analysis-technical-report

Beguería, S., S.M. Vicente-Serrano, F. Reig y B. Latorre, 2014: Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: Parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International Journal of Climatology,* 34(10), 3001-3023.

BID, 2015: *Casos de Estudios de Adaptación al Cambio Climático Impactos del Cambio Climático durante las Sequías en la ciudad de Trujillo, Perú.* Disponible en: https://www.uncclearn.org/sites/default/files/inventory/idb30052016_climate_change_adaptation_case_study_climate_change_impacts_during_droughts_on_the_city_of_trujillo_peru_es.pdf

Camilloni, I. y V. Barros, 2003: Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing. *Journal of Hydrology,* 278, 94-106.

CEDEX, 2017: *Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España,* 346 pp. Disponible en: http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/3B08CCC1-C252-4AC0-BAF7-1BC27266534B/145732/2017_07_424150001_Evaluaci%C3%B3n_cambio_clim%C3%A1tico_recu.pdf

CENEPRED, 2016: *Plan Multisectorial de Prevención y Reducción de Riesgos ante Sequías.* Disponible en: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Plan%20Multisectorial%20de%20Prevencion%20y%20reduccion%20de%20riesgos%20ante%20sequias%202016.pdf

CRED, 2015: *The Human Cost of Natural Disasters: A Global Perspective.* Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, Brussels. Disponible en: https://www.preventionweb.net/files/42895_cerdthehumancostofdisastersglobalpe.pdf

Christenson, E., M. Elliott, O. Banerjee, L. Hamrick y J. Bartram, 2014: Climate-Related Hazards: A Method for Global Assessment of Urban and Rural Population Exposure to Cyclones, Droughts, and Floods. *Int. J. Environ. Res. Public Health,* 11(2), 2169-2192, DOI: 10.3390/ijerph110202169

Christian Aid, 2018: *Counting The Cost: A Year of Climate Breakdown.* Disponible en: https://www.christianaid.org.uk/sites/default/files/2019-01/Counting-the-Cost-report-dec-2018.pdf

Dai, A., 2011: Characteristics and trends in various forms of the Palmer Drought Severity Index 16 (PDSI) during 1900-2008. *J. Geophys. Res.,* 116, D12115, doi:10.1029/2010JD015541.

Dai, A. y T. Zhao, 2017: Uncertainties in historical changes and future projections of drought. Part I: estimates of historical drought changes. *Climatic Change,* 144(3), 519-533, DOI: 10.1007/s10584-016-1705-2

Do, H.X., S. Westra y M. Leonard, 2017: A global-scale investigation of trends in annual maximum streamflow. *J. Hydrol.,* 552, 28-43, DOI: 10.1016/J.JHYDROL.2017.06.015

ENCC, 2013: *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40.* Gobierno de la República. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf

FAO, 2018: *2017, The impact of disasters and crises on agricultura and food security.* Disponible en: http://www.fao.org/3/I8656EN/i8656en.pdf

Fatichi, S., V.Y. Ivanov, A. Paschalis, N. Peleg, P. Molnar, S. Rimkus, J. Kim, P. Burlando y E. Caporali, 2016: Uncertainty partition challenges the predictability of vital details of climate change. *Earth's Future,* 4, 240-251, DOI: 10.1002/2015EF000336

França, E.H.F., V. Forain, L.G.F Guilhon y L.F.G. de Paiva, 2017: *Sobre uma regra para operacão dos reservorios da Bacia do Rio São Francisco.* Anais del XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis. Disponible en: https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=155&PUBLICACAO=SIMPOSIOS

Garreaud, R.D., C. Alvarez-Garreton, J. Barichivich, J.P. Boisier, D. Christie, M. Galleguillos, C. LeQuesne, J. McPhee y M. Zambrano-Bigiarini, 2017: The 2010-2015 megadrought in central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation, *Hydrol. Earth Syst. Sci.,* 21, 6307-6327, https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017

GIZ, 2014: *Repositorio de Indicadores de Adaptación. Casos reales de sistemas de Monitoreo y Evaluación nacionales.* Disponible en: https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/wp-content/uploads/filebase/me/national-level-me(2)/giz2014-es-climaadaptacion-indicadores-repositorio.pdf

Guttman, N. B., 1999: Accepting the Standardized Precipitation Index: A calculation algorithm. *J. Amer. Water Resour. Assoc.,* 35, 311-322.

Hall, J., B. Arheimer, M. Borga, R. Brázdil, P. Claps, A. Kiss, T.R. Kjeldsen, J. Kriau i nien , Z.W. Kundzewicz, M. Lang, M.C. Llasat, N. Macdonald, N. McIntyre, L. Mediero, B. Merz, R. Merz, P. Molnar, A. Montanari, C. Neuhold, J. Parajka, R.A.P. Perdigão, L. Plavcová, M. Rogger, J.L. Salinas, E. Sauquet, C. Schär, J. Szolgay, A. Viglione y G. Blöschl, 2014: Understanding flood regime changes in Europe: a state-of-the-art assessment, *Hydrol. Earth Syst. Sci.,* 18, 2735-2772, https://doi.org/10.5194/hess-18-2735-2014

Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild y P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. En: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA.

Hawkins, E. y R. Sutton, 2011: The potential to narrow uncertainty in projections of regional precipitation change, *Clim. Dyn.,* 37, 407-418, DOI: 10.1007/s00382-010-0810-6

Held, I.M. y B.J. Soden, 2000: Water vapor feedback and global warming. *Annu. Rev. Energy Environ.,* 25, 441-475.

Huntington, T.G., 2006: Evidence for intensifi cation of the global water cycle: review and synthesis. *J. Hydrol.,* 319, 83-95.

IPCC, 2012: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK y New York, NY, USA, 582 pp.

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

IPCC, 2014: Summary for policymakers. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects* [Field, C.B. *et ál.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 32.

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. En: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

Jiménez-Muñoz, J.C., C. Mattar, J. Barichivich, A. Santamaría Artigas, K. Takahashi, Y. Malhi, J.A. Sobrino y G. van der Schrier, 2016: Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. *Scientific Reports,* 6 (33130), DOI: 10.1038/srep33130

Kundzewicz, Z.W. *et ál.,* 2013. Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrol. Sci. J.*, 59 (1), 1-28.

Lewis, S. L., P. M. Brando, O. L. Phillips, G. M. F. van der Heijden y D. Nepstad, 2011:, *The 2010 Amazon drought, Science,* 331, 554, doi:10.1126/science.1200807.

Liu, W., Sun, F., Lim, W. H., Zhang, J., Wang, H., Shiogama, H., and Zhang, 2018: Global drought and severe drought-affected populations in 1.5 and 2 °C warmer worlds, *Earth Syst. Dynam.,* 9, 267-283, https://doi.org/10.5194/esd-9-267-2018.

Lyon, B., 2004: The strength of El Niño and the spatial extent of tropical drought. Geophys. *Res. Lett.,* 31, L21204.

Lyon, B. y A.G. Barnston, 2005: ENSO and the spatial extent of interannual precipitation extremes in tropical land areas. *Journal of Climate,* 18, 5095-5109.

MADS, 2016: *Plan Integral de Cambio Climático del Departamento de Chocó (PICC-Chocó).* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable – Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-territorial-decambio-climatico#planes-formulados-a-la-fecha

Magrin, G.O., 2015: *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39842/S1501318_es.pdf;jsessionid=D4C3492388908CD6D5F1D34E80A2D3E9?sequence=1

Marengo, J.A., C.A. Nobre, J. Tomasella, M.D. Oyama, G.S. Oliveira, R. de Oliveira, H. Camargo, L.M. Alves e I.F. Brown, 2008: The drought of Amazonia in 2005, *J. of Climate,* 21, 495-516.

Martin Murillo, L., J. Rivera Alejo y R. Castizo Robles, 2018: *Cambio climático y desarrollo sostenible en Iberoamérica.* Observatorio de Desarrollo Sostenible y Cambio Climático de La Rábida. Disponible en: https://issuu.com/segibpdf/docs/resumen_informe_la_rabida_huelva_20

McKee, T.B., N.J. Doesken y J. Kliest, 1993: *The relationship of drought frequency and duration to time scales.* En: Proceedings of the 8th

Conference of Applied Climatology, 17-22 de enero, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA. 179-184.

Mills, E., 2005: Insurance in a climate of change. *Science,* 309.

MINAE, 2018: *Política Nacional de Adaptación al cambio climático de Costa Rica, 2018-2030.* Disponible en: http://www.pgr web.go.cr/DocsDescargar/Normas/No%20DE-41091/Version1/Politica_ADAPTACION_24_abril.pdf

MINAG, 2012: *Plan de Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrario Periodo 2012-2021.* Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Peru/docs/Plangracc_RESUMEN.pdf

MITECO, 2018: *Incorporación del cambio climático en la evaluación preliminar del riesgo de inundación (EPRI) en el segundo ciclo de aplicación de la directiva de inundaciones (2007/60/CE).* Ministerio para la Transición Ecológica, España. Documento web consultado en: https://www.miteco.gob.es/ca/agua/temas/gestion-de-los-riesgosde-inundacion/cambio-climatico-en-la-epri-metodologia-general_tcm34-485704.pdf

Mora-Melià, D., C.S. López-Aburto, P. Ballesteros-Pérez y P. Muñoz-Velasco, 2018: Viability of Green Roofs as a Flood Mitigation Element in the Central Region of Chile. *Sustainability,* 10, 1130, DOI: 10.3390/su10041130

Munich Re, 2015: *NatCatSERVICE: Loss events worldwide 1980-2014.* Munich Re, Munich.

Najibi, N. y N. Devineni, 2018: Recent trends in the frequency and duration of global floods. *Earth Syst. Dynam.,* 9, 757-783.

Naumann, G., L. Alfieri, K. Wyser, L. Mentaschi, R.A. Betts, H. Carrao, J. Spinoni, J. Vogt y L. Feyen, 2018: Global changes in drought conditions under different levels of warming. *Geophys. Res. Lett.,* 45, 3285-3296.

Neri, C. y V. Magaña, 2016: Estimation of vulnerability and risk to meteorological drought in Mexico. *Weather, Climate and Society,* 8, 95-110.

OCHA, 2019: *Desastres naturales en América Latina y el Caribe 2000-2019.* United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). Sitio web consultado en: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/OCHA-DESASTRES_NATURALES_ESP%20%281%29.pdf

Palmer, W.C., 1965*: Meteorological drought,* Tech. Rep. Weather Bur. Res. Pap (vol. 45). Washington DC, United States Department of Commerce.

Poveda, G. y O.J. Mesa, 2000: On the existence of Lloro (the rainiest locality on Earth): Enhanced ocean-atmosphere-land interaction by a low-level jet. *Geophysical Research Letters,* 27, 1675-1678.

Poveda G, J.C. Espinoza, M.D. Zuluaga, S.A. Solman, R. Garreaud y P.J. van Oevelen PJ, 2020: High Impact Weather Events in the Andes. *Front. Earth Sci.,* 8:162, DOI: 10.3389/feart.2020.00162

Rasmussen, K.L., M.M. Chaplin, M.D. Zuluaga y R.A. Houze Jr., 2016: Contribution of Extreme Convective Storms to Rainfall in South America. *Journal of Hydrometeorology,* 17, 1, 353-367.

Salazar, J. F., J.C. Villegas, A.M. Rendón, E. Rodríguez, I. Hoyos, D. Mercado-Bettín y G.Poveda, 2018: Scaling properties reveal regulation of river flows in the Amazon through a «forest reservoir». *Hydrol. Earth Syst. Sci.,* 22, 1735–1748. doi: 10.5194/hess-22-1735-2018

Seneviratne, S., N. Nichols, D. Easterling, C. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera y X. Zhang, 2012: Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. En*: IPCC Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation,* Capítulo 3. Cambridge University Press, Cambridge y UK, New York, NY, USA.

Spinoni, J., G. Naumann, J.V. Vogt y P. Barbosa, 2015: The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012. *Journal of Hydrology: Regional Studies,* 3,509-524.

Spinoni, J., P. Barbosa, A. De Jager, N. McCormick, G. Naumann, J.V. Vogt, D. Magni, D. Masante y M. Mazzeschi, 2019: A new global database of meteorological drought events from 1951 to 2016. *Journal of Hydrology: Regional Studies,* 22, 100593, https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100593.

Taboada, M.A. y F. Damiano, 2017: Inundación y manejo de suelos en Argentina. En: *Inundaciones y manejo de cuencas* [Waldman, S. (coord.)]. CADIA, 145-169.

UNESCO, 2018: *Atlas de sequías de América Latina y el Caribe.* Disponible en https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265894

Vásquez P., I.L., L.M.N. de Araujo, L.C.B. Molion, M. de Araujo Abdalad, D. Medeiros Moreira, A. Sanchez, H. Alves Barbosa y O. Corrêa Rotunno Filho, 2018: Historical analysis of interannual rainfall variability and trends in southeastern Brazil based on observational and remotely sensed data. *Climate Dynamics,* 50: 801-824, https://doi.org/10.1007/s00382-017-3642-9

Vera Rodríguez, J.M. y A.P. Albarracín Calderón, 2017: Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas, *Ciencia e Ingeniería Neogranadina,* 27, 109-136. DOI: http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2309

Vicente-Serrano, S.M., S. Beguería y J.I. López-Moreno, 2010: A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate,* 23, 1696-1718.

Wartenburger, R., M. Hirschi, M.G. Donat. P. Greve, A.J. Pitman y S.I. Seneviratne, 2017: Changes in regional climate extremes as a function of global mean temperature: an interactive plotting framework. *Geosci. Model Dev.,* 10, 3609-3634.

World Bank, 2019: *The World Bank Group Action Plan on Climate Change Adaptation and Resilience.* Washington DC. Disponible en: http://documents.worldbank.org/curated/en/519821547481031999/The-World-Bank-Groups-Action-Plan-on-Climate-Change-Adaptation-and-Resilience-Managing-Risks-for-a-More-Resilient-Future.pdf

Zhao, T. y A. Dai, 2017: Uncertainties in historical changes and future projections of drought. Part II: model-simulated historical and future drought changes. *Climatic Change,* 144, 535, https://doi.org/10.1007/s10584-016-1742-x

11

Inestabilidad de laderas - deslizamientos

Omar Darío Cardona Arboleda (Colombia), Martha Liliana Carreño Tibaduiza (España), Ketty Carla Mendes Arraiol (Venezuela), Irasema Alcántara-Ayala (México) y Silvia Midori Saito (Brasil).

Se recomienda citar este texto como:

Cardona Arboleda, O.D., M.L. Carreño Tibaduiza, K.C. Mendes Arraiol, I. Alcántara-Ayala y S.M. Saito, 2020: Inestabilidad de laderas - deslizamientos. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT.* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 419-458, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo ... **421**

11.1. Introducción ... **421**

11.1.1. Marco conceptual del capítulo ... 421

11.1.2. Principales cifras del sector o sistema ... 423

11.1.3. Relación del sector o sistema con clima y con cambio climático ... 424

11.1.4. Revisión de informes previos ... 424

11.2. Componentes del riesgo en relación con el sector o sistema ... **424**

11.2.1. Amenazas ... 424

11.2.1.1. Conceptos fundamentales ... 424

11.2.1.2. Evaluación y cartografía ... 426

11.2.2. Exposición ... 428

11.2.3. Vulnerabilidad ... 428

11.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos ... 428

11.4. Medidas de adaptación ... **431**

11.4.1. Opciones de adaptación ... 431

11.4.2. Actividades de adaptación planificada ... 431

11.4.2.1. Escala supranacional ... 433

11.4.2.2. Escala nacional y subnacional ... 433

11.4.2.3. Escala local o municipal ... 434

11.4.3. Actividades de adaptación autónoma ... 434

11.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... **435**

11.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación ... **435**

11.7. Casos de estudio ... **437**

11.7.1. Gestión integral del riesgo en Manizales (Colombia) ... 437

11.7.1.1. Resumen del caso ... 437

11.7.1.2. Introducción a la problemática del caso ... 438

11.7.1.3. Descripción del caso ... 439

11.7.1.4. Limitaciones e interacciones ... 441

11.7.1.5. Lecciones identificadas ... 442

11.7.2. Planificación urbana en Vargas (Venezuela) ... 442

11.7.2.1. Resumen del caso ... 442

11.7.2.2. Introducción a la problemática del caso ... 442

11.7.2.3. Descripción del caso ... 443

11.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 443

11.7.2.5. Lecciones identificadas ... 444

11.7.3. Riesgo a cambio de riesgo en La Pintada (Guerrero, México) ... 445

11.7.3.1. Resumen del caso ... 445

11.7.3.2. Introducción a la problemática del caso ... 445

11.7.3.3. Descripción del caso ... 446

11.7.3.4. Limitaciones e interacciones ... 447

11.7.3.5. Lecciones identificadas ... 447

11.7.4. Catarsis y fortalecimiento institucional en Río de Janeiro (Brasil) ... 448

11.7.4.1. Resumen del caso ... 448

11.7.4.2. Introducción a la problemática del caso ... 448

11.7.4.3. Descripción del caso ... 448

11.7.4.4. Limitaciones e interacciones ... 449

11.7.4.5. Lecciones identificadas ... 450

11.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias ... **450**

11.9. Conclusiones ... **451**

Preguntas frecuentes ... **452**

Agradecimientos ... **453**

Bibliografía ... **453**

Resumen ejecutivo

La gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático son procesos de carácter integral, interinstitucional, multisectorial e interdisciplinar. En general, dan lugar a políticas públicas que tienen los mismos objetivos. No es muy apropiado hablar de adaptación frente a la inestabilidad de laderas —o también frente a los deslizamientos, refiriéndose al problema de forma genérica— sin aludir a la gestión del riesgo de desastres. Promover la gestión del riesgo es equivalente a promover la adaptación, aunque el riesgo derivado de la inestabilidad de laderas no necesariamente se asocie al cambio climático en todos los casos.

El aumento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del calentamiento global es un factor que amplifica la amenaza por inestabilidad de laderas y, por lo tanto, el riesgo para los elementos expuestos. Ahora bien, el incremento de la amenaza se debe también al deterioro ambiental y a la acción humana, por lo que se considera que esta amenaza es de tipo socionatural. Por otra parte, el aumento del riesgo se debe también al incremento de la vulnerabilidad, que es el resultado de procesos sociales y de la ocupación inapropiada del territorio; es decir, que este tipo de riesgo no se debe solamente a la variabilidad del clima y al cambio climático.

La efectividad de la gestión del riesgo o de la adaptación tiene mucho que ver con el uso de información correcta y de la aplicación idónea de modelos que permitan un diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones. El uso de información que no da lugar a acciones claras de intervención conduce a maladaptación. La evaluación apropiada de la amenaza y el riesgo contribuye a la adecuada planificación del ordenamiento territorial, la reubicación de asentamientos humanos expuestos, el mejoramiento de barrios, el diseño y construcción de obras de estabilidad y control de la erosión, y a la implementación de medidas tanto estructurales como no estructurales de prevención, de seguros colectivos y de sistemas de alerta frente a los deslizamientos, entre otras.

La intervención de la amenaza, la reducción de la vulnerabilidad y el incremento de la resiliencia son al mismo tiempo objetivos de la gestión del riesgo y de la adaptación planificada. No obstante, también hay ejemplos de adaptación autónoma asociada a la manera como algunas comunidades han puesto en marcha medidas para evitar la inestabilidad de laderas y sistemas de alerta comunitarios efectivos, en los cuales se ha involucrado apropiadamente a la población. En el caso de la inestabilidad de laderas o deslizamientos, el riesgo y las acciones para la gestión del riesgo y la adaptación son esencialmente locales.

Desde el punto de vista de la inestabilidad de laderas (aunque esto se podría extender al resto de los sectores), es prioritario lograr que la gestión del riesgo se considere, a todos los efectos, una estrategia de adaptación y desarrollo. El riesgo es un común denominador de la gestión desde la perspectiva de diferentes enfoques, disciplinas y sectores, como el desarrollo social y económico, la infraestructura, la protección ambiental, el ordenamiento territorial, la sostenibilidad, la resiliencia, la adaptación al cambio climático y la propia gestión del riesgo, entre otros. Una visión fragmentada de la problemática es inconveniente y contribuye a la falta de efectividad. Sería deseable que la gestión del riesgo de desastres se impulsase cada vez más como una estrategia de desarrollo, sostenibilidad y transformación, de tal modo que, además de ser una estrategia de anticipación frente al riesgo asociado al cambio climático, también contribuya a la prestación de servicios ecosistémicos y a aumentar la sostenibilidad en la obtención de recursos para las futuras generaciones.

11.1. Introducción

11.1.1. Marco conceptual del capítulo

El marco conceptual de este capítulo tiene dos aspectos principales (**Figura 11.1**). Por un lado, se ilustra esquemáticamente que el riesgo por inestabilidad de laderas es el resultado de la exposición de los sistemas humanos y naturales y de su vulnerabilidad frente a la amenaza que se deriva de este tipo de problema ambiental, caracterizada por eventos naturales o socionaturales, que son, en la mayoría de los casos, resultado de la interacción mutua entre la sociedad y el ambiente. Por otro lado, el diagrama ilustra que la gestión del riesgo y la adaptación son una serie de intervenciones comunes con el objetivo de modificar, correctiva o prospectivamente, las condiciones de vulnerabilidad y de la amenaza, condiciones por las cuales existe el riesgo para la sociedad (Birkmann *et ál.,* 2013a).

Estos dos aspectos ilustran que, en general, existe una construcción social del riesgo y que su gestión tiene como objetivo reducirlo o prevenirlo. La posibilidad de que se produzcan eventos, que pueden ser extremos o no, representa la amenaza de la cual se deriva el riesgo, es decir, el posible impacto económico, social y ambiental que se puede presentar. Este impacto potencial depende tanto de la susceptibilidad y la fragilidad como de la falta de resiliencia de la sociedad —y del ambiente en algunos casos—, y son estos los factores que dan origen a la vulnerabilidad y, por lo tanto, al riesgo prevalente en cada escala territorial (Cardona, 2004b). Por ello, el nivel del riesgo depende de estos factores de la vulnerabilidad y de cómo se concatenan desde el ámbito nivel local hacia el ámbito nacional e internacional (Birkmann *et ál.,* 2013b).

La susceptibilidad y la fragilidad son condiciones de la vulnerabilidad que reflejan la falta de resistencia o capacidad y las debilidades o ausencias expresadas en términos físicos, ecológicos, sociales, económicos, culturales e institucionales. Estos aspectos están relacionados con las dimensiones de la vulnerabilidad o su taxonomía en cada escala o ámbito territorial. Además, la falta de resiliencia es otro factor de vulnerabilidad especialmente relevante, que refleja el nivel de capacidad de la sociedad para anticipar el impacto y recu-



Figura 11.1. Marco conceptual del riesgo y la gestión del riesgo. Incorpora los elementos necesarios para realizar, al mismo tiempo, la adaptación.
Fuente: adaptado a partir de Cardona, 1999: 65; Cardona y Barbat, 2000; Carreño *et al.*, 2007; Birkmann *et al.*, 2013a.

perarse (ver definiciones en el **Glosario** para mayor detalle). Es decir, para intervenir de forma proactiva las condiciones de riesgo, para adaptarse y prepararse frente a los futuros eventos peligrosos, así como también para enfrentar de manera eficiente dichos eventos cuando se presenten y recuperarse. La falta de estas capacidades es un factor de vulnerabilidad importante que también está asociado a las fragilidades existentes en términos institucionales, sociales, económicos y culturales (Cardona, 1993).

La identificación y la toma de consciencia sobre la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo son pasos esenciales para establecer una gestión integral del riesgo efectiva desde la perspectiva no solo de las amenazas climáticas, sino también geológicas e incluso antropogénicas o tecnológicas. Una buena gobernanza implica promover las condiciones adecuadas para la organización y la gestión institucional y comunitaria para fomentar la comprensión y la reducción del riesgo. En el caso de los eventos relacionados con el clima, la gestión del riesgo es equivalente a la adaptación frente a la variabilidad del clima y frente al cambio climático. Es posible reducir el riesgo y enfrentar de manera eficiente los desastres mediante acciones preventivas como la reducción/mitigación y la transferencia del riesgo, así como la preparación y el manejo de desastres; este último, como una acción reactiva, que se refiere a la respuesta, la rehabilitación y la recuperación después del desastre.

Todas estas acciones preventivas y reactivas están dirigidas a la intervención de la amenaza, siempre que esto sea posible y factible, pero fundamentalmente a la intervención de la vulnerabilidad, reduciendo la exposición en áreas propensas, su susceptibilidad y su fragilidad, promoviendo la resiliencia. Cuando la gobernanza del riesgo logra una buena gestión del riesgo, estas intervenciones son más efectivas y derivan en la reducción de la amenaza, de la vulnerabilidad y, por lo tanto, del riesgo mismo. En resumen, una buena gestión del riesgo significa llevar a cabo intervenciones correctivas y prospectivas que lo reduzcan y que permitan responder de manera eficiente en caso de desastre (**Figura 11.2**).

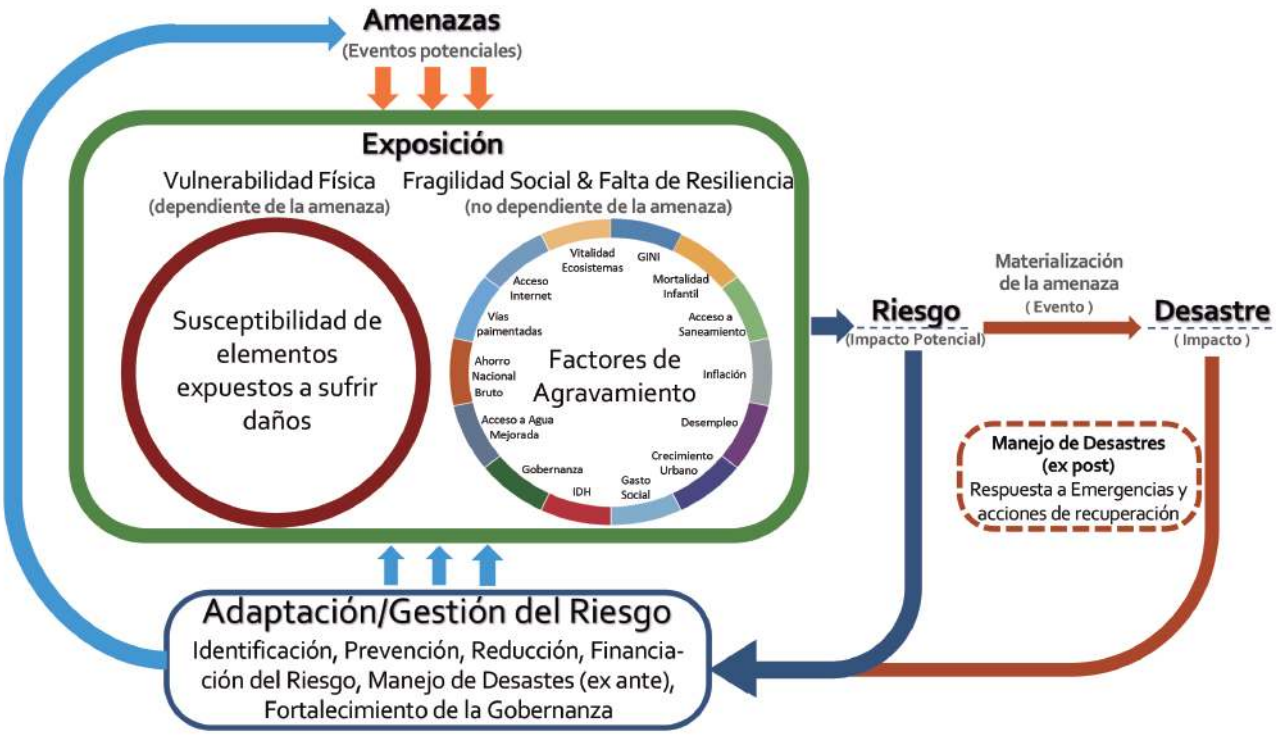


Figura 11.2. Acciones preventivas y reactivas de adaptación y gestión del riesgo que se derivan de la construcción social del riesgo desde una perspectiva holística. Fuentes: Cardona, 2001, 2019; UNISDR, 2017a.

Asimismo, para que la gestión del riesgo sea entendida como adaptación y sea efectiva, debe ser integral y producto de un trabajo interinstitucional, multisectorial e interdisciplinario. En el caso de la inestabilidad de laderas, la gestión del riesgo significa una adaptación planificada, a la cual poco se ha hecho referencia hasta ahora en los documentos que la promueven en Iberoamérica. No lograr una efectiva gestión del riesgo significa no avanzar en materia de adaptación e incluso contribuir al aumento de la vulnerabilidad.

11.1.2. Principales cifras del sector o sistema

Existen diversas entidades internacionales que realizan informes de carácter anual sobre eventos de tipo climático, geológico, biológico y tecnológico que han derivado en desastres y sobre las pérdidas asociadas a dichos eventos. Algunos de estos registros son reportados por los Gobiernos de los países o por reaseguradoras o entidades como la Cruz Roja o por el Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED, que administra la base de datos de desastres EM-DAT), que tiene cerca de 23.000 desastres registrados desde 1900. De igual forma, en el sitio web de la UNDRR (antes UNISDR) se pueden encontrar estos informes anuales y otros con las cifras acumuladas por periodos. En el informe del CRED y la UNISDR (2018) sobre los desastres que se presentaron entre 1998 y 2007 se señala que en dicho periodo sucedieron 378 desastres por inestabilidad de laderas, lo que equivale al 5,2 % del número total de desastres que se hubo en todo el mundo en esas fechas. Por su parte, Hidalgo (2015) realizó una evaluación utilizando la misma base de datos y de 863 desastres registrados en Suramérica durante cinco décadas 109 fueron causados por inestabilidad de laderas (deslizamientos); *i.e.,* el 12,6 % (Pivetta, 2016).

Debido a que la definición de desastre en la base de datos EM-DAT significa que se han presentado al menos 10 fallecidos, 100 afectados, se ha hecho una declaración oficial de desastre o se ha requerido la ayuda internacional, los desastres menores no han sido registrados y muchos de ellos pueden ser debidos a la inestabilidad de laderas por su naturaleza puntual. Por esta razón, desde mediados de los años noventa la Corporación OSSO y La RED desarrollaron la base de datos DesInventar (2019), que se ha utilizado para registrar los efectos a nivel municipal o local en la mayoría de los países de América el Sur, Centroamérica y en cerca de 80 países a nivel mundial, con apoyo de la UNISDR. La diferencia en número de eventos es notable: Marulanda *et ál.* (2006, 2010) ilustran que, en Colombia, mientras EM-DAT entre 1971 y 2002 registró 97 eventos, DesInventar registró 19.202. Por esta razón, la UNISDR en

sus informes GAR desde 2009 hasta el 2017 realizó análisis que permitieron plantear que el impacto de los eventos menores, considerado como la manifestación de riesgo extensivo, en contraste con el de los eventos catastróficos, o derivados de riesgo intensivo, es muy relevante. En el GAR 2015 se señala que los deslizamientos entre 1990 y 2013 han sido la causa del 10 % de los desastres entre 1990 y 2013 a nivel mundial. Por su parte, la Corporación OSSO (2013) indica que en 22 países de Latinoamérica y el Caribe el 9 % de las pérdidas humanas, el 6 % de las viviendas destruidas y el 2 % de las personas afectadas (es decir, que perdieron sus medios de sustento) en la región han sido resultado de deslizamientos. Cabe señalar que la diferencia en el número de eventos entre el DesInventar y EM-DAT es enorme. DesInventar tiene registrados 349.345 desastres en 82 países desde 1900, lo que contrasta con los 23.000 desastres registrados en la base de datos EM-DAT en todo el mundo desde la misma fecha.

11.1.3. Relación del sector o sistema con clima y con cambio climático

En el caso específico de la inestabilidad de laderas —o deslizamientos—, el aumento de la intensidad y la frecuencia de las precipitaciones, a causa de la variabilidad del clima y el cambio climático, se refleja en una amplificación o aumento de la amenaza y, por lo tanto, del riesgo para los elementos expuestos. También la sequedad extrema o el deshielo de áreas de permafrost pueden contribuir a la inestabilidad de laderas. Sin embargo, esta amenaza también se incrementa debido al deterioro ambiental, a la deforestación, la degradación de cuencas, y, por lo tanto, esta amenaza se puede considerar de tipo socionatural. Ahora bien, el riesgo también aumenta debido a la existencia e incremento de la vulnerabilidad, la cual es el resultado de procesos sociales y de ocupación inapropiada del territorio. Otros factores, como la degradación de tierras, la minería, las excavaciones, la carga de taludes, la construcción inadecuada, las vibraciones artificiales, los sistemas de alcantarillado y drenaje deficientes, no planeados o inexistentes, también pueden exacerbar la amenaza y la vulnerabilidad en sus diferentes dimensiones (física, social, económica, cultural, institucional, ecológica).

11.1.4. Revisión de informes previos

Los eventos que se derivan de la inestabilidad de taludes, a los cuales el IPCC se refiere en general como deslizamientos, no son abordados de forma específica (a diferencia de otros eventos hidrometeorológicos) debido a que se considera que no son sucesos que se puedan atribuir exclusivamente al cambio climático. Sin embargo, teniendo en cuenta que el calentamiento global conduce a una mayor frecuencia e intensidad en las precipitaciones (IPCC, 2014), se puede esperar un aumento en la frecuencia de eventos asociados a la inestabilidad de laderas por el aumento de las precipitaciones en algunos lugares. En general, si bien los estudios al respecto son escasos, algunos concluyen que existe una alta correlación de este tipo de eventos con las precipitaciones estacionales derivadas de la variabilidad climática (Froude y Petley, 2018). También señalan que otros factores, como las construcciones, la minería legal e ilegal, entre otros, son disparadores de la mayoría de los deslizamientos que registran pérdidas humanas. Estos autores indican que, de un análisis entre 2004 y 2016 a nivel global, algunas de las áreas de mayor incidencia de los eventos de inestabilidad de laderas se encuentran en la región de Centroamérica entre Costa Rica y el sur de México y en América del Sur a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Bolivia, con una menor incidencia en Chile, y con otro sitio de concentración en la costa este de Brasil: en los estados de São Paulo y Río de Janeiro. En resumen, aunque existen cada vez más estudios climáticos y sobre lluvias en todos los países, pocos hacen correlaciones con los registros de inestabilidad de laderas dado que son eventos muy puntuales y se requiere información subnacional detallada (Naranjo *et ál.,* 2019).

11.2. Componentes del riesgo en relación con el sector o sistema

11.2.1. Amenazas

11.2.1.1. Conceptos fundamentales

Los procesos de remoción en masa, movimientos gravitacionales del terreno o de vertientes, son procesos exógenos del relieve a través de los cuales se manifiesta la inestabilidad de las laderas (Alcántara-Ayala, 2016; Mora, 2018). Son movimientos de masas de suelo los derrubios o detritos, rocas, hielo o nieve —o la combinación de algunos de estos— que ocurren en una ladera como resultado del efecto de la gravedad cuando los esfuerzos cortantes exceden la resistencia al corte de los materiales que la constituyen. Estos movimientos de masa, que caracterizan la inestabilidad de laderas, están determinados por distintos factores, los cuales pueden ser de origen interno o externo (Terzaghi, 1950; Selby, 1993).

Los factores de origen interno generalmente disminuyen la resistencia de los materiales sin cambiar el estado de esfuerzos. Estos factores están asociados fundamentalmente con la transformación de los materiales a través de movimientos progresivos y con procesos de intemperismo y de erosión. Los factores de origen externo, por su parte, producen un incremento en los esfuerzos, pero usualmente no influyen en la resistencia de los materiales. Estos incluyen los cambios que sufren las laderas en su peso o geometría debido a la remoción de la base o soporte lateral

por erosión, socavamiento, incisión de un río, excavaciones artificiales, cargas y descargas (Copons *et ál.,* 2004; Corominas y Mavrouli, 2010). También incluyen los esfuerzos transitorios naturales y artificiales a los que son expuestas las laderas (como pueden ser los sismos, vibraciones por explosiones, uso de maquinaria pesada, camiones, etc.) y los cambios en el régimen hidrológico, como la intensidad y duración de las precipitaciones, el derretimiento rápido de nieve, etc. (Alcántara-Ayala, 2000; Vilaplana *et ál.,* 2008; Copons, 2010; Corominas *et ál.,* 2003). En Iberoamérica, en todas las regiones donde existen áreas montañosas se presentan este tipo de eventos. En particular son más frecuentes en zonas de alta montaña, como la cordillera de los Andes (Naranjo *et ál.,* 2019), los Pirineos (en la Península Ibérica) y otras áreas donde la topografía es abrupta y existen altas pendientes.

Existen diversas clasificaciones tipológicas de movimientos de masa en función de los atributos morfológicos de la superficie de ruptura y depósito; el tipo y velocidad del movimiento; el tamaño y tipo de los materiales involucrados; la antigüedad del movimiento; el grado de actividad y el tipo climático (Alcántara-Ayala, 2000; Mora, 2018). En una versión actualizada de la clasificación de Varnes (**Tabla 11.1**), Hungr *et ál.* (2014) incorporaron la caracterización de los materiales y de los mecanismos de los movimientos. Como resultado pudieron definir 32 tipos de inestabilidad de laderas, los cuales son fundamentales para el entendimiento de su dinámica y requerimiento primordial en la elaboración de inventarios y otro tipo de cartografía relacionada.

Aunque algunos prefieren utilizar, por facilidad, el término deslizamientos para referirse de manera general a los eventos, movimientos o procesos asociados a la inestabilidad de laderas, en rigor los deslizamientos son un tipo de remoción o movimiento de masa. En este capítulo se utiliza el término como sinónimo, haciendo la salvedad, y para señalar que en general los deslizamientos se caracterizan por ser sistemas físicos que se desarrollan en el tiempo, a través de varias etapas, y que para que se presenten se requiere de la combinación tanto de factores determinantes o condicionantes como de factores desencadenantes (Terzaghi, 1950). Los primeros son aquellos factores que condicionan o tienen influencia en la estabilidad de la ladera a través del tiempo, en tanto que los factores detonantes son los procesos o eventos específicos que desencadenan el evento de manera

Tabla 11.1. Clasificación de movimientos que caracterizan la inestabilidad de laderas. Fuente: modificada a partir de la clasificación propuesta por Varnes (Hungr *et ál.,* 2014).

Tipo de movimiento	Roca	Suelo
Caída o desprendimiento	Caída de rocas/hielo	Caída de bloques de suelo/derrubios o detritos/limo
Vuelco	Desplome de rocas	Vuelco de gravas/arenas/limos
	Vuelco de rocas por flexión	
Deslizamiento	Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento rotacional de arcillas/limos
	Deslizamiento plano de rocas	Deslizamiento plano de arcillas/limos
	Deslizamiento de rocas en cuña	Deslizamiento de gravas/arenas/derrubios o detritos
	Deslizamiento de rocas compuesto	Deslizamiento compuesto de arcillas/limos
	Deslizamiento irregular en rocas	
Expansión lateral	Expansión lateral en rocas	Expansión lateral por licuefacción de arenas/limos
		Expansión lateral de arcillas sensibles
Flujo	Avalancha o alud de rocas/hielo	Golpes de arena/limo/derrubios o detritos secos
		Flujos deslizantes de arenas/limos/derrubios o detritos
		Flujos deslizantes de arcillas sensibles
		Corrientes de derrubios o detritos
		Flujos de lodo o coladas de barro
		Inundación o crecida repentina de derrubios o detritos
		Avalancha o alud de derrubios o detritos
		Coladas de tierra
		Flujo de turba
Deformación de ladera	Deformación de ladera de montaña	Deformación de ladera de suelo
	Deformación de ladera rocosa	Reptación
		Solifluxión

usualmente súbita. Ambos factores pueden ser de origen natural o antrópico.

Los principales mecanismos desencadenantes, de origen natural, son la precipitación, la sismicidad, la actividad volcánica, así como los procesos de incisión o socavación que resultan del aumento en el nivel de arroyos, lagos y ríos, océanos, o en los que de manera súbita se genera erosión diferencial intensa en cualquier ambiente climático; por ejemplo, la gelifracción. Las explosiones inducidas, excavaciones y sobrecargas de una ladera, llenados de embalses y las fugas de agua de tuberías son los factores detonadores antrópicos típicos (Corpocaldas, 1998).

Los deslizamientos pueden considerarse una amenaza natural cuando los factores que controlan la inestabilidad de las laderas están exclusivamente asociados a procesos geológicos, geomorfológicos y físicos; es decir, son el resultado exclusivo de la dinámica natural y la posibilidad de que se presenten puede derivar en que haya consecuencias adversas para la sociedad. No obstante, gran parte de estos eventos son en realidad amenazas socionaturales, ya que son generados por la confluencia o correspondencia de la geodinámica natural y la intervención humana en el ambiente; es decir, a través de las prácticas sociales (Lavell 1996; Cardona *et ál.,* 2010), como la degradación ambiental de cuencas, la deforestación, construcción de carreteras, degradación de tierras, minería inapropiada, excavaciones, carga de taludes, construcción inadecuada de presas y terrazas, vibraciones artificiales, sistemas de agua, alcantarillado y drenaje deficientes, no planeados o inexistentes, entre otras (Suárez, 2009).

La precipitación es uno de los mecanismos detonadores primordiales de la inestabilidad de laderas, ya que puede provocar el incremento de la presión intersticial debido a la saturación de los materiales formadores de las laderas y, por ende, causar el ascenso del nivel freático, la reducción de la cohesión y el incremento en las presiones de poro. El establecimiento de umbrales de precipitación para definir los niveles a partir de los cuales se materializa el detonante de la inestabilidad de laderas requiere el conocimiento de las condiciones de precipitación antecedente y total acumulada, intensidad y duración (Correa *et ál.,* 2019). Dado que se concibe que el calentamiento global conduce a una mayor frecuencia y magnitud de precipitaciones (IPCC, 2014), también es de esperarse un aumento en la frecuencia de este tipo de eventos.

Es importante señalar que, de manera adicional a su carácter de amenaza socionatural generada por la influencia de las prácticas sociales en el ambiente, la exposición de la población a los eventos de inestabilidad de laderas está relacionada con los modos de vida y prácticas sociales dentro de la esfera de la vulnerabilidad. Esto es aún más relevante en la medida en que se considera que la causalidad del calentamiento global está directamente vinculada a la intervención humana en los ecosistemas y procesos atmosféricos, por lo que los desequilibrios asociados a la variabilidad y el cambio climático, con elevado potencial de afectar a la estabilidad de las laderas, quedan de manifiesto a través de la materialización de eventos físicos más extremos y de mayor intensidad, magnitud y recurrencia, incluyendo evidentemente la inestabilidad de laderas (*i.e.,* los deslizamientos) (Narváez *et ál.,* 2009).

11.2.1.2. Evaluación y cartografía

El análisis o evaluación de la amenaza por inestabilidad de taludes involucra la identificación, reconocimiento y caracterización de movimientos gravitacionales con potencial de afectación sobre las sociedades, sus bienes materiales y ambientales. Los aspectos fundamentales para tener en cuenta en dicha evaluación son la tipología, mecanismos de ruptura, propiedades de los materiales involucrados, grado de actividad, extensión física, condiciones o factores determinantes y desencadenantes, umbrales de activación, movilidad, velocidad, magnitud y frecuencia de eventos (Alcántara-Ayala, 2016). Reiteradamente este tipo de análisis de amenaza se utiliza de forma errónea como sinónimo de evaluación del riesgo, especialmente en algunos productos cartográficos. Sin embargo, debe quedar claro que la evaluación del riesgo posee un nivel de complejidad mucho mayor, ya que requiere del análisis de los elementos expuestos y de su vulnerabilidad.

Existe un gran número de métodos para evaluar la amenaza por inestabilidad de taludes que han surgido desde la perspectiva de diversos dominios disciplinarios. Las técnicas más utilizadas incluyen documentación histórica, evaluaciones de campo, fotogrametría, generación de inventarios (Guzzetti *et ál.,* 2012), datación, instrumentación, observación, vigilancia y uso de métodos heurísticos (Crozier y Glade, 2004), estadísticos (Remondo *et ál.,* 2005), determinísticos (Cervi *et ál.,* 2010), frecuentistas y probabilistas (Londoño, 2016). Ciertamente el empleo de sistemas de información geográfica (SIG) (Carrara *et ál.,* 1995), teledetección (Metternich *et ál.,* 2005) y modelación de movimientos ha brindado la posibilidad de mejorar y simplificar el análisis de la dimensión espaciotemporal de lo que genéricamente se denomina deslizamiento. Asimismo, desarrollos tecnológicos, como el LiDAR y los vehículos aéreos no tripulados o drones, facilitan su reconocimiento, observación y vigilancia. Dada la multidimensionalidad de este tipo de procesos o movimientos exógenos, la combinación de diferentes enfoques es usualmente la mejor opción; sin embargo, dependiendo del objetivo o propósito de la evaluación, unas u otras técnicas son más apropiadas, según el nivel de resolución requerido y de los insumos de información necesarios (França, 2010; Londoño, 2016).

Además de la localización, área, atributos morfológicos y características generales de los diferentes tipos de movimientos, expresados comúnmente en los inventarios, la generación de mapas de amenaza por inestabilidad de laderas involucra la sectorización del terreno en zonas que se definen por la probabilidad espacial y temporal de que este tipo de procesos se presenten, y en los que se hace referen-

cia a la intensidad o potencial destructivo de un movimiento del terreno, reflejado en la máxima velocidad y profundidad, área y distancia de la zona de propagación, espesor del depósito, etc. (Guzzetti, 2006).

Debe señalarse que la cartografía depende de la disponibilidad y precisión de la información, por lo que la posibilidad de elaborar mapas de susceptibilidad de deslizamientos es más común que la de los de amenaza. Los primeros incluyen, de manera cuantitativa o cualitativa, la probabilidad espacial de que ocurra un evento o movimiento en una ubicación determinada en función de las condiciones del terreno sin considerar su magnitud y frecuencia (estas últimas, características fundamentales de los mapas de amenaza).

Los inventarios, información topográfica, geomorfológica (especialmente morfométrica), geológica (litología y características estructurales), geotécnica, edafológica, hidrológica y de vegetación y uso del suelo son insumos esenciales para la elaboración de mapas de amenaza (Aristizabal y Hermelin, 2010). Estos deben incluir la tipología de los movimientos, mecanismos de ruptura, extensión física, condiciones o factores desencadenantes, movilidad, magnitud y frecuencia. Para conocer el grado de amenaza, es necesario saber el sitio en que los eventos o deslizamientos pueden ocurrir; es decir, se debe contar con un mapa de susceptibilidad, el cual debe complementarse con la frecuencia y la magnitud de los procesos, lo que implica una probabilidad en el tiempo del tamaño y del potencial de efectos o impactos. La probabilidad de tener precipitaciones intensas o sismos que pueden detonar procesos de inestabilidad de laderas o deslizamientos es un dato fundamental, pero pocas veces incorporado de forma apropiada.

Las técnicas empleadas para la elaboración de mapas de amenaza dependen de la escala de evaluación. No obstante, debido a la heterogeneidad de los materiales que constituyen las laderas, aun en una misma unidad litológica o unidad del relieve, el grado de certidumbre de las zonificaciones aumenta con la escala de trabajo. Es decir, mapas a mayor escala muestran mayor detalle, y en consecuencia representan de mejor manera los atributos y dinámica de los procesos de inestabilidad de laderas y las características geotécnicas que en escalas mayores son ineludibles; por ejemplo, para hacer obras de estabilidad o de reducción de la amenaza.

De acuerdo con Van Westen (2000), hay tres perspectivas principales para la generación de mapas de susceptibilidad y amenaza por deslizamientos a través de SIG: (1) enfoque heurístico cualitativo, (2) enfoques estadísticos cuantitativos, y (3) enfoque determinístico (**Figura 11.3**).

A escala local, la generación de cartografía de amenaza por inestabilidad de laderas se enriquece con el análisis detallado de los factores que condicionan y desencadenan la ocurrencia de estos procesos a través de observaciones, muestreo, instrumentación y vigilancia en campo. Entre ellos, la definición de unidades geomorfológicas (morfogénesis y morfometría), propiedades geológicas (litología y estructuras), hidrogeológicas (permeabilidad, nivel freático), y geomecánicas de los materiales (resistencia, cohesión y fricción), así como la identificación de antiguos movimientos son de gran relevancia. Todo ello desde una perspectiva técnica especializada (Cardona *et ál.,* 2012).

De manera complementaria, es también ineludible considerar el diagnóstico y la representación que la comunidad tiene de su territorio, por lo que es recomendable realizar cartografía comunitaria o participativa. Esta última puede incluir criterios cualitativos simples para identificar el nivel de amenaza por inestabilidad de taludes en sitios específicos (CENAPRED, 2004) a partir de las características topográficas (inclinación y altura de las laderas), geomorfológicas (evidencias de hundimientos o depresiones), geológicas (litología y aspectos estructurales) y geotécnicas de los materiales (condiciones de suelos y rocas), las condiciones ambientales imperantes y futuras (vegetación, uso del suelo, régimen hidrológico en un clima cambiante), la historia de eventos en la localidad y los síntomas de inestabilidad existentes (presencia de grietas, escalonamientos o escarpes, bardas, árboles, y muros inclinados), así como las prácticas sociales (deforestación,



Figura 11.3. Enfoques para el desarrollo de cartografía de susceptibilidad y amenaza por deslizamientos usando SIG. Fuente: elaboración propia basada en Van Westen (2000).

minería, etc.) que favorecen la inestabilidad de laderas (SGC, 2016, 2017). Este tipo de coproducción del conocimiento brinda la posibilidad de informar y sensibilizar a la población acerca de la causalidad de la inestabilidad de laderas, especialmente de transmitir el carácter socionatural de los deslizamientos y la necesidad de participar en el manejo adecuado del territorio.

11.2.2. Exposición

En general, todos los procesos de inestabilidad de laderas pueden afectar gravemente a viviendas y otras edificaciones expuestas. Esto se presenta de manera recurrente en asentamientos humanos precarios y marginales de ciudades grandes e intermedias, poblaciones pequeñas y en zonas rurales montañosas. También es común que estén expuestas a estos eventos infraestructuras y redes de servicios públicos de agua y alcantarillado, redes de transporte, carreteras, vías férreas, viaductos, poliductos, torres de energía. Estas líneas vitales o redes de servicios en áreas montañosas pueden ser afectadas por la inestabilidad de laderas y la erosión del suelo, que también afectan, de manera preocupante, a cuencas hidrográficas en muchos países. Los efectos de la inestabilidad de laderas o de los deslizamientos, por lo tanto, son notables, continuos y recurrentes, pero además causan importantes pérdidas de vidas y económicas cada año debido a las precipitaciones, tormentas y ciclones tropicales y su posible aumento en intensidad y frecuencia por el calentamiento global. Estas pérdidas extensivas y acumuladas pueden compararse con las pérdidas por otros eventos extremos intensos que ocurren menos frecuentemente.

11.2.3. Vulnerabilidad

En primera instancia, el daño factible y la pérdida potencial debidos a eventos de inestabilidad de laderas lo determina la vulnerabilidad física, que depende de las condiciones que favorecen que haya daños y pérdidas cuando se presenta un evento. Los bienes expuestos, frágiles o susceptibles a ser afectados, por su ubicación desfavorable o por las deficiencias de resistencia que pueden tener, ante la acción de los eventos factibles dan cuenta del riesgo desde el punto de vista físico. Esos bienes pueden ser viviendas u otras edificaciones, servicios públicos, vías y todos aquellos elementos que pueden ser dañados o destruidos.

Debido a problemas de tenencia de la tierra, en buena parte de la región, a menudo en áreas expuestas a la amenaza por deslizamientos, se construyen viviendas precarias, con notables deficiencias de todo tipo que posteriormente se consolidan en asentamientos humanos en condiciones marginales. Aunque las primeras viviendas, construidas con materiales livianos, no desestabilicen el terreno, posteriormente, cuando se construyen viviendas con materiales más pesados y se realizan cortes y rellenos de forma inapropiada y sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado ineficientes, sin cumplir con las mínimas especificaciones de construcción en dichas áreas propensas a eventos, el riesgo aumenta de manera importante debido a la informalidad, marginalidad y exclusión; es decir, a fragilidades sociales y a la falta de resiliencia del asentamiento humano por la ausencia del control urbano y la debilidad de la gobernanza (Viand y Briones, 2015). Aún más, la amenaza en muchas ocasiones aumenta por el mal manejo de aguas superficiales de escorrentía o subterráneas, por procesos de inestabilidad de laderas inducidos y por el inapropiado uso del suelo en áreas urbanas. En zonas rurales estos procesos de inestabilidad se exacerban debido a la deforestación, la ampliación de la frontera agrícola, el uso de prácticas agrícolas no adecuadas a la tipología del terreno o la explotación minera inadecuada. Por otra parte, en muchas ocasiones no es difícil deducir que la vulnerabilidad física se deriva de los factores sociales, económicos, ambientales y de gobernanza que la producen o amplifican (Chardon, 2002; D'Ércole y Trujillo, 2003). En general, en la mayoría de las ciudades de la región existen problemas urbanos, relacionados con áreas marginales y asentamientos humanos precarios y pobres, que se unen a problemas ambientales, de deterioro de cuencas hidrográficas o del entorno, presiones demográficas, como la migración del campo a la ciudad, y otras problemáticas sociales de falta de resiliencia y ausencia de la institucionalidad (**Figura 11.4**). Por ello, se puede concluir que la vulnerabilidad en realidad tiene diferentes dimensiones y que para reducir el riesgo es necesario tener todos estos aspectos en cuenta (Blaikie *et ál.,* 1996; Wisner *et ál.,* 2004; Mendes, 2014).

En resumen, es inocuo o insuficiente para la adaptación tener en cuenta solo los factores que determinan o aumentan la amenaza de inestabilidad de laderas, o que caracterizan solo la vulnerabilidad física, pues para ser efectivos es necesario intervenir las causas de dicha vulnerabilidad. La efectividad de los procesos de adaptación o de gestión del riesgo implica la integralidad de acciones en el marco de la planificación del desarrollo y la búsqueda de la sostenibilidad mediante una gestión en el ámbito socioeconómico, ambiental y cultural que dé cuenta de las demás dimensiones de vulnerabilidad y resiliencia (Cardona *et ál.,* 2017b).

11.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

En general, el incremento de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones es un factor que amplifica la amenaza y el riesgo. Sin embargo, el aumento de eventos por inestabilidad de laderas en Iberoamérica se debe también al deterioro ambiental y la acción humana, lo que hace difícil atribuir totalmente este tipo de amenaza al cambio climático. Por su parte, la vulnerabilidad de la población de bajos ingresos se ha incrementado debido a su localización en áreas propensas a estos eventos, lo que ha sido impulsado por el aumen-

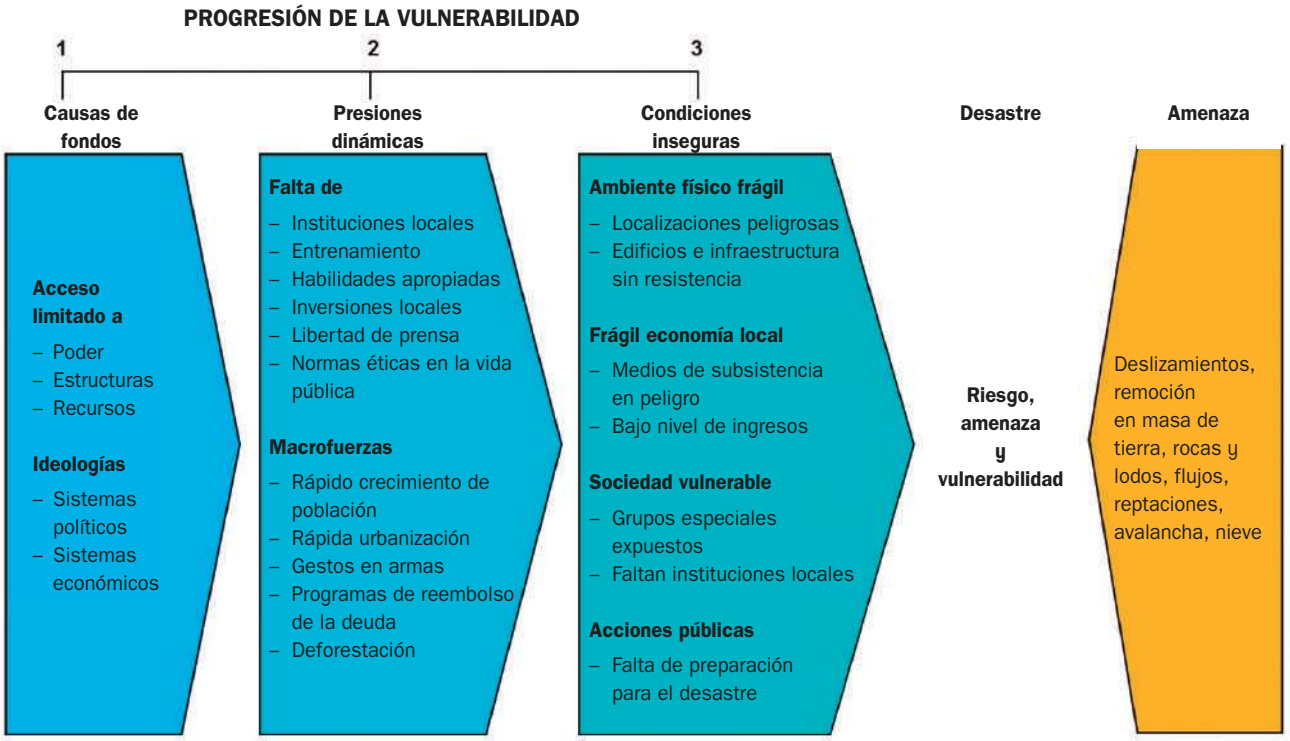


Figura 11.4. La vulnerabilidad: sus causas de fondo, presiones dinámicas y condiciones inseguras. Fuente: modificada a partir de Blaikie *et ál.* (1996).

to en las presiones demográficas, la exclusión, la pobreza, la inequidad, y la falta de control urbano y de ordenamiento territorial apropiado. Esto ha derivado en la región en:

- Daños y destrucción de vivienda y de otras edificaciones expuestas, pérdida de vidas y económicas, principalmente en asentamientos humanos precarios y marginales de ciudades grandes e intermedias, ubicados en laderas, en poblaciones pequeñas sin muchos recursos y en zonas rurales en áreas montañosas de México, Centroamérica y el Caribe, la cordillera de los Andes y la Península Ibérica. Es una situación de riesgo importante en muchas áreas periféricas y exige urgentemente planificación territorial y obras de estabilidad.
- Daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de servicios públicos de agua y alcantarillado, pérdida de vidas y económicas en áreas urbanas de ciudades, y también en pequeñas poblaciones de áreas montañosas, sobre todo en México, Centroamérica y el Caribe y a lo largo de la cordillera de los Andes. También es urgente enfrentar estas situaciones debido a su importancia no solo para las poblaciones expuestas a la inestabilidad de laderas, sino también para toda la población de los centros urbanos que requiere la prestación de servicios confiables y seguros.
- Daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de transporte, carreteras, vías férreas, viaductos, poliductos y torres de energía en áreas de montaña de México, Centroamérica y el Caribe, la cordillera de los Andes y la Península Ibérica, lo que deriva en altos costos de mantenimiento. Aunque esta problemática no tiene la misma gravedad o importancia que en el caso de los asentamientos humanos, donde se pierden más vidas por deslizamientos, la urgencia de lograr que la infraestructura sea más segura y resiliente es muy alta en todos los países.
- Deterioro de cuencas hidrográficas debido a la erosión y procesos geodinámicos no controlados en zonas rurales, pérdida del suelo, afectación de ecosistemas, cultivos y otros medios de sustento, un problema especialmente importante desde el punto de vista ambiental. En parte se debe a la deforestación e igualmente implica acciones urgentes en las áreas de montaña, sobre todo de México, Centroamérica y el Caribe y a todo lo largo de la cordillera de los Andes.

Se puede concluir que el aumento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del calentamiento global es un factor que amplifica la amenaza por inestabilidad de laderas o, en general, por deslizamientos y, por lo tanto, el riesgo para los elementos expuestos, que son asentamientos humanos e infraestructura que están siendo afectados de manera recurrente. El incremento de la amenaza por este tipo de eventos se debe también al deterioro ambiental y la acción humana, por lo

que se considera que este tipo de peligro es una amenaza socionatural. El incremento del riesgo por inestabilidad de laderas se debe también al aumento de la vulnerabilidad, que es el resultado de procesos sociales y de ocupación inapropiada del territorio; *i.e.*, este tipo de riesgo no se debe solamente a la variabilidad y el cambio climático. La **Figura 11.5** presenta un resumen de los efectos directos de los eventos de inestabilidad de taludes o deslizamientos en Iberoamérica.

Una mirada a la región de América del Sur indica que la cordillera de los Andes, que recorre el oeste de la región, y otros sistemas montañosos aislados son especialmente susceptibles a que se presenten procesos de inestabilidad de laderas, debido a sus características geodinámicas y climáticas. El riesgo por inestabilidad de laderas en la región no solo se debe al exceso de lluvias, sino también a procesos de deterioro ambiental, deforestación, degradación de cuencas y el aumento de múltiples procesos de vulnerabilidad física

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Daños y destrucción de vivienda y de otras edificaciones expuestas, pérdida de vidas y económicas, principalmente en asentamientos humanos precarios y marginales de ciudades grandes e intermedias ubicados en laderas.				
Daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de servicios públicos de agua y alcantarillado, pérdida de vidas y económicas en asentamientos humanos de diferentes escalas; ciudades y pequeñas poblaciones de zonas montañosas.				
Daños y destrucción de infraestructura y redes expuestas de transporte, carreteras, vías férreas, viaductos, poliductos y torres de energía en zonas de montaña.				
Deterioro de cuencas hidrográficas debido a la erosión y procesos geodinámicos no controlados en zonas rurales, pérdida del suelo, y afectación de ecosistemas, cultivos y otros medios de sustento.				
Daños y destrucción de vivienda y de otras edificaciones expuestas, y pérdida de vidas y económicas en pequeños centros urbanos y asentamientos humanos en áreas rurales en zonas de montaña.				

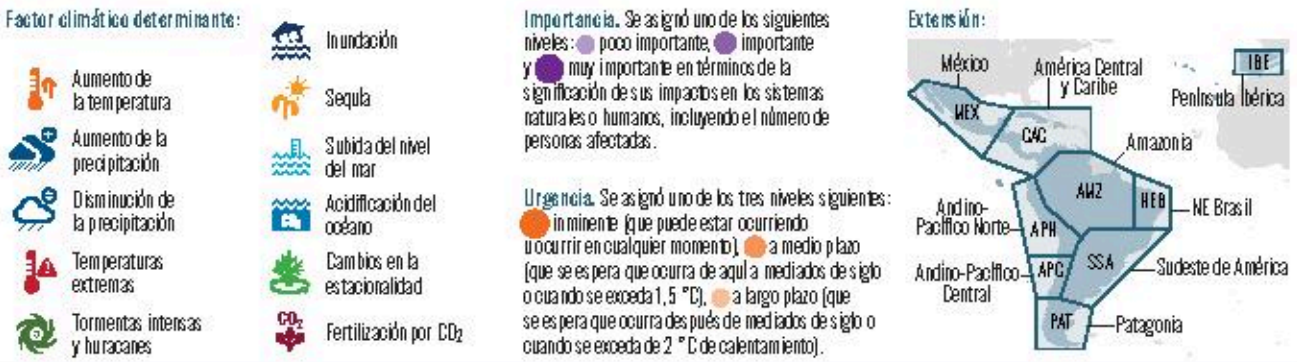


Figura 11.5. Principales riesgos identificados en el ámbito de la inestabilidad de laderas. Fuente: elaboración propia.

y social de asentamientos humanos, que, además, a su vez son impulsores del riesgo. Y también es posible afirmar que la efectividad de la gestión del riesgo o de la adaptación frente a la inestabilidad de laderas —o deslizamientos— tiene mucho que ver con el uso de información relevante y la aplicación idónea de modelos que permitan un diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones.

11.4. Medidas de adaptación

11.4.1. Opciones de adaptación

En diferentes lugares de los sitios de montaña en Iberoamérica, las comunidades han desarrollado técnicas de estabilidad y de terrazas escalonadas con piedra y madera, e incluso con bambú, que en algunos casos han sido acertadas, pero también perecederas, con posteriores inconvenientes cuando pierden su capacidad. Estas obras son ejemplo de adaptación dura que se ha realizado desde hace muchos años para enfrentar la inestabilidad de laderas. En otros lugares se han desarrollado sistemas de radio para la comunicación entre sitios de observación y poblaciones expuestas a deslizamientos que han permitido desplegar sistemas de alerta sencillos con sirenas e incluso altavoces, que se activan por contactos eléctricos o rupturas de alambres que juegan el papel de sensores. Estos sistemas de alerta son un ejemplo de adaptación blanda al implicar procesos comunitarios basados en educación, capacitación e información pública y en ocasiones han sido resultado de adaptación autónoma. De igual manera, los sistemas de gestión del riesgo de desastres, con una visión integral y no solo asociados con la preparación y respuesta a emergencias, sino también con el ordenamiento territorial, la planificación urbana y la transferencia del riesgo, han demostrado ser efectivos en lograr la adaptación en el caso de la inestabilidad de laderas y son ejemplos de adaptación planificada en diferentes ámbitos territoriales. En general, en el caso de la inestabilidad de laderas las siguientes son acciones y medidas de adaptación o gestión del riesgo ineludibles para reducirlo:

- Evaluación apropiada de la amenaza y el riesgo de deslizamientos con rigor y apropiados estándares técnicos, que informe la toma de decisiones de manera consistente y robusta.
- Incorporación de la amenaza y el riesgo como determinantes de la planificación territorial en cuencas hidrográficas y áreas urbanas y para el diseño y construcción de infraestructura.
- Definición de medidas de intervención correctivas, prospectivas y prescriptivas en el ordenamiento territorial según el grado de amenaza y riesgo por inestabilidad de taludes.
- Mantenimiento y adecuación de infraestructura con el fin de elevar su nivel de resiliencia, considerando debidamente la susceptibilidad y la amenaza de deslizamientos.
- Diseño idóneo y construcción de obras de estabilidad de taludes y control de la erosión, y consideración de soluciones efectivas basadas en ecosistemas (SbE) y en la naturaleza (SbN).
- Desarrollo de redes de observación y monitoreo de lluvias y de deslizamientos para mayor conocimiento y calibración de susceptibilidad, detonantes y umbrales de inestabilidad.
- Formulación de estrategias de protección financiera, como seguros colectivos, instrumentos paramétricos para contar con recursos oportunos y rápidos en caso de deslizamientos.
- Implementación de sistemas de alerta y de evacuación a nivel local con la participación de las comunidades y con base en las redes de observación y vigilancia en área expuestas.
- Puesta en marcha de programas de gestión del conocimiento sobre el riesgo por deslizamientos para la educación, capacitación e información pública.

Medidas de adaptación como las anteriores han dejado algunas lecciones que es importante resaltar. Por un lado, que, desde el punto de vista de la política pública, para que la adaptación sea efectiva, en el caso de la inestabilidad de laderas, es necesario que el proceso sea integral, con la participación de las comunidades y las entidades técnicas y de planificación de acuerdo con el ámbito de su competencia. Esto implica, además, que es necesario no solo la intervención de la amenaza, sino también de la vulnerabilidad con el fin de mejorar la resiliencia. Por otro lado, que el riesgo, la adaptación y la gestión integral del riesgo son, en este caso, esencialmente locales, es decir, a escala urbana y de las cuencas hidrográficas.

En la **Figura 11.6** se presentan, a modo de ejemplo, algunas de las medidas de adaptación implementadas en la región.

11.4.2. Actividades de adaptación planificada

En los países de la región, en los últimos años, paulatinamente se han creado Sistemas Nacionales de Cambio Climático, se han realizado varias Comunicaciones Nacionales y formulado una Política Nacional de Cambio Climático, al igual que un Plan Nacional de Adaptación al Cambio climático. Algunas de estas iniciativas han derivado en diferentes documentos e instrumentos en los cuales se ha indicado la necesidad de realizar Planes Sectoriales y Territoriales de Gestión del Cambio Climático y, en algunos casos, se ha señalado que los planes de Gestión del Riesgo de Desastres ya existentes deben actualizarse de acuerdo con los lineamientos de dichos instrumentos (Campos *et ál.,* 2012; IDEAM, 2016; Delgado *et ál.,* 2015, Congreso de la República, 2018).

En general, los Sistemas Nacionales de Gestión del Riesgo de Desastres, o similares, se mencionan cada vez más, en la

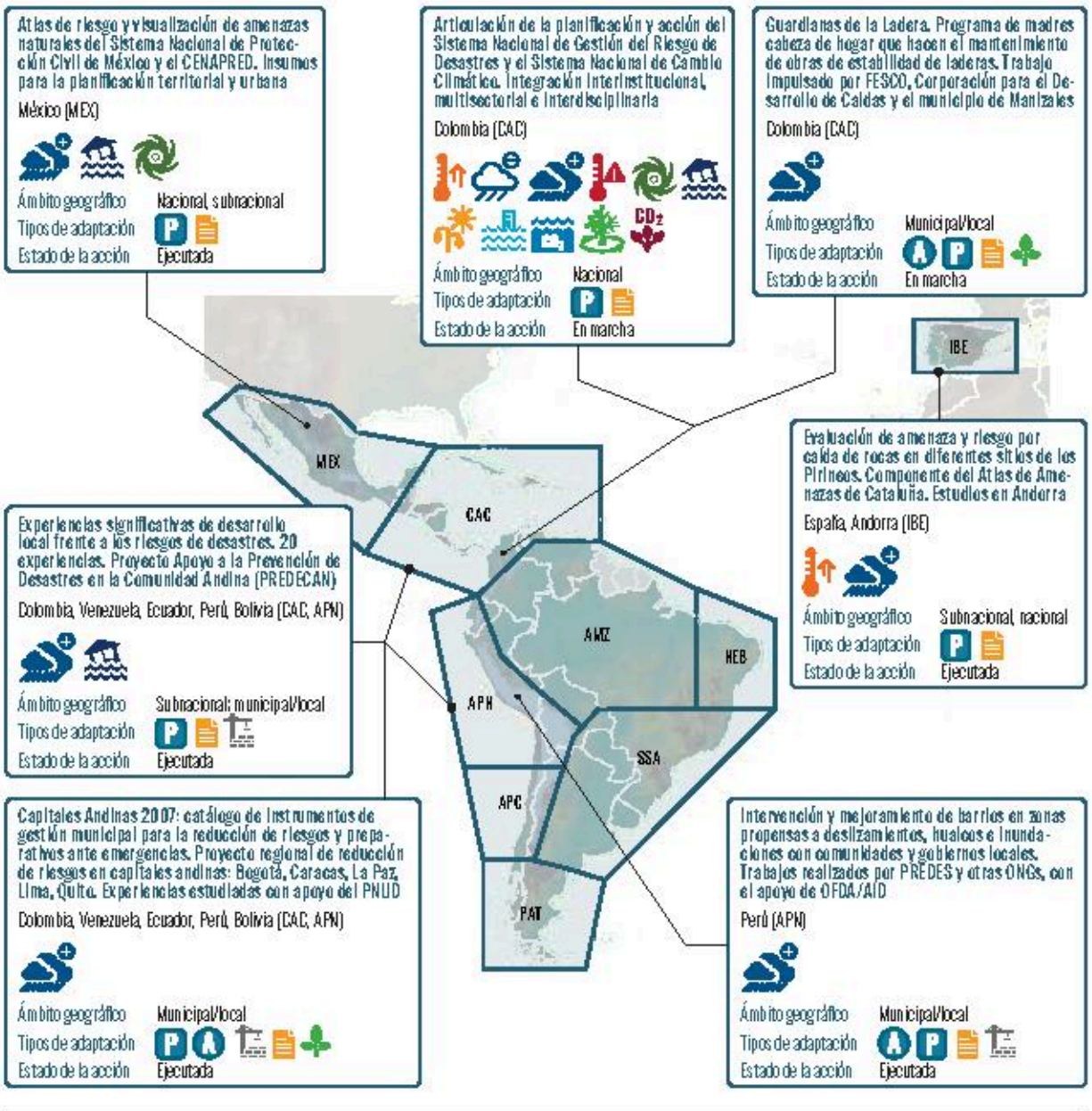


Figura 11.6. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito de la inestabilidad de laderas. Fuente: elaboración propia.

medida en que se tiene un mayor convencimiento de que su acción está especialmente asociada, o que es estratégica, o que es complementaria a la adaptación (UNGRD, 2012). Los instrumentos antes mencionados son hasta ahora muy generales y hacen énfasis en aspectos institucionales, a enfoques conceptuales y a los vínculos inevitables con la planificación del desarrollo y la sostenibilidad, sin entrar en mayores detalles en aspectos metodológicos y prácticos. Cuando en estos documentos se hace referencia específicamente a las acciones de adaptación, se hace poca alusión a las acciones frente a las amenazas naturales y al riesgo que se deriva de las mismas, aun cuando se menciona la relevancia de la protección de las personas más expuestas y vulnerables. En particular, poco es lo que se menciona si dichas amenazas no son del todo de origen climático, como es el caso de los deslizamientos, quedando estas acciones en términos prácticos en el dominio y bajo el enfoque conceptual en el que se fundamente la acción interinstitucional de la gestión del riesgo de desastres. En este caso la gobernanza de la adaptación no es otra que la que, bien o mal, ha existido para la gestión del riesgo de desastres.

Por esta razón, en el caso de los deslizamientos la adaptación planificada es la que se deriva de los planes, programas y acciones de las entidades del orden nacional y subnacional, y en particular del ámbito local o municipal, donde la gestión del riesgo de desastres debe enfrentar las diferentes amenazas, pero que a fin de cuentas, y una por una, exige acciones específicas bajo el mismo marco conceptual y de acción (CAF, 2000; Cárdenas y Rodríguez, 2013).

La adaptación planificada en el caso de la inestabilidad de laderas usualmente es una estrategia de adaptación descendente (ver definición en el **Glosario**) que en los países de la región ha estado asociada a planes, programas, acciones y proyectos del orden nacional, estatal y local de ordenamiento territorial y planificación de usos del suelo de cuencas hidrográficas y ciudades (Vargas y Sáenz, 2015), mejoramiento de barrios, reubicación preventiva (Lavell *et ál.,* 2015), construcción de obras de estabilidad y manejo de aguas superficiales y subterráneas, reasentamiento apropiado por desastres ocurridos y reducción de la exposición, implementación de seguros colectivos, desarrollo de sistemas de alerta —comunitarios y automáticos—, planes de emergencia, capacitación, información pública, educación, etc. (Cardona, 2004a, 2011, 2012, 2013).

11.4.2.1. Escala supranacional

No existen muchas actividades que formalmente se denominen o se las conozca como actividades de adaptación en Latinoamérica. Esto es aún evidente en el caso de la inestabilidad de laderas o deslizamientos si se quiere identificar algunas en el ámbito supranacional. Las pocas que se pueden asimilar como de este tipo y planificadas no se han conocido como actividades de adaptación. Por ejemplo, dentro de las actividades de adaptación planificada en la región se puede mencionar la sistematización de un amplio número de experiencias significativas de desarrollo local frente al riesgo de desastres, impulsada en el marco del Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN, 2009a), el cual se ejecutó con apoyo de la Unión Europea y la Comunidad Andina de Naciones en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia. También se puede mencionar el proyecto Capitales Andinas (PNUD, 2007), que consistió en el desarrollo de un catálogo de instrumentos de gestión municipal para la reducción del riesgo y preparativos ante emergencias. Este proyecto regional de reducción del riesgo se ejecutó en varias capitales andinas: Bogotá, Caracas, La Paz, Lima y Quito, y las experiencias fueron sistematizadas con apoyo del PNUD (2005) en Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia; la amenaza común fue la inestabilidad de laderas o deslizamientos.

11.4.2.2. Escala nacional y subnacional

En Colombia, la articulación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres con el Sistema Nacional de Cambio Climático es un ejemplo de integración interinstitucional e interdisciplinaria deseable, y que sería interesante de replicar en otros países. Este tipo de estrategia institucional multisectorial y descentralizada, que busca objetivos comunes, es necesaria para mejorar la efectividad en materia de adaptación, aprovechando las experiencias en gestión del riesgo de desastres, no solo de preparación y respuesta frente a desastres, sino también el notable avance conceptual y la planificación que en Colombia se ha tenido desde la perspectiva de la integración de la gestión del riesgo en el desarrollo socioeconómico y en el ámbito ambiental (IDEAM, 2016; Congreso de la República, 2018). La existencia del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) ha dado coherencia y soporte institucional y político a las actividades que llevan a cabo las Administraciones municipales y las instituciones locales, regionales e incluso nacionales, que han jugado un papel en lo local. El enfoque descentralizado del SNGRD, su visión del tema y la gobernanza que se deriva han permitido una evolución de la gestión sustentada en los principios de concurrencia, complementariedad y subsidiaridad del Estado colombiano. Aun cuando en el país se creó también un Sistema Nacional de Cambio Climático, los procesos de adaptación en todos los niveles territoriales han estado asociados principalmente a la gestión del riesgo de desastres con medidas de tipo técnico, administrativo, socioeconómico y ambiental en el marco de la planificación del desarrollo. El Plan Municipal para la Gestión del Riesgo y el Plan de Ordenamiento Territorial, que desde hace 12 años implican a tres Administraciones, deben ser incorporados en los Planes de Desarrollo y de Inversión que cada alcalde tiene que formular al inicio de su respectivo mandato (Carreño *et ál.,* 2017).

A nivel subnacional, destacan en Iberoamérica la intervención y el mejoramiento de barrios en zonas propensas a deslizamientos, huaicos e inundaciones de comunidades y

gobiernos locales. Se trata de una serie de trabajos realizados por PREDES y otras ONG, con el apoyo de OFDA/AID en el Perú (PNUD, 2007). Es un proceso que puede considerarse de adaptación blanda, pero también de adaptación dura por el tipo de obras y trabajos que se han realizado a nivel municipal y local. Además, aunque se puede entender como un proceso que ha estimulado la adaptación autónoma, en realidad se trata de un programa institucional con los municipios, con apoyo de entidades nacionales e internacionales.

Otros ejemplos a nivel nacional y subnacional son los casos de la elaboración del atlas de riesgo y la visualización de amenazas naturales del Sistema Nacional de Protección Civil de México y el CENAPRED (2004), que han servido de insumo para la planificación territorial y urbana y que puede considerarse una actividad de adaptación planificada blanda del ámbito nacional y subnacional. Pero también, de forma similar, se tiene el caso de la evaluación de amenaza y riesgo por caída de rocas en diferentes sitios de los Pirineos, el cual es un componente del Atlas de Amenazas de Cataluña, España (Vilaplana y Payas, 2008) y de estudios en Andorra (Corominas *et ál.,* 2003; Copons *et ál.,* 2004). También se trata de una actividad de adaptación planificada blanda de utilidad para la planificación del territorio.

11.4.2.3. Escala local o municipal

La escala local es el principal ámbito de la gestión del riesgo frente a los deslizamientos dado que la inestabilidad de laderas es una amenaza especialmente relevante a nivel municipal. Por esta razón, en muchas poblaciones de áreas montañosas se han intentado llevar a cabo iniciativas para enfrentar el riesgo que se deriva de este tipo de amenaza. En algunas ciudades de relieve abrupto, como La Paz (Bolivia), Bucaramanga o Manizales (Colombia), se han realizado obras de estabilidad que, en general, son muy costosas, al igual que ocurre con las redes viales y otras infraestructuras, como las vías 3G y 4G en Colombia, que pueden ser afectadas en cuencas hidrográficas de altas pendientes. Muchos planes de ordenamiento territorial y de usos del suelo en el ámbito urbano y de cuencas se están promoviendo actualmente, por ejemplo, en Colombia y Perú, y la inestabilidad de taludes es uno de los problemas que mayor relevancia tiene en este tipo de instrumentos de planificación física e inversión pública. En algunas ocasiones estos instrumentos van acompañados de procesos de participación comunitaria. En Colombia destacan dos casos emblemáticos: el del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (IDIGER) de Bogotá, el cual aporta recomendaciones y lineamientos de adaptación en el marco de proyectos urbanos tanto de desarrollo como de renovación urbana, y el programa de Guardianas de la ladera de Manizales, por el cual madres cabeza de hogar hacen el mantenimiento de las obras de estabilidad de Laderas de la ciudad. Esta iniciativa lleva varios años y es liderada actualmente por FESCO, una ONG, con el apoyo económico y técnico de la Corporación Regional Autónoma del Medio Ambiente del departamento de Caldas (Corpocaldas) y de la Administración Municipal de Manizales. Este caso se ha replicado en varias poblaciones vecinas y es ampliamente reconocido a nivel internacional (Chardon, 2002; PNUD, 2005; PREDECAN, 2009b; Birkmann *et ál.,* 2011; Marulanda *et ál.,* 2015, 2016; Alcaldía de Manizales, 2016; Carreño *et ál.,* 2016, 2017; Bernal *et ál.,* 2017; Cardona *et ál.,* 2017; Wymann von Dach *et ál.,* 2017, pág. 36; CAF, 2018; Carrizosa, 2018; Cardona, 2019).

11.4.3. Actividades de adaptación autónoma

Enfrentar la amenaza por deslizamientos ha sido una práctica milenaria, aplicada por comunidades que se han asentado en laderas y áreas montañosas con susceptibilidad geológica y climática a los procesos de inestabilidad. En Latinoamérica hay ejemplos notables de construcción en laderas de alta pendiente utilizando terrazas y muros de piedra, como los de las comunidades indígenas prehispánicas para hacer vivienda y agricultura. Los incas, las culturas preincaicas en Perú y Bolivia, al igual que la cultura Tayrona, en la Sierra Nevada de Santa Marta en el norte de Colombia, dejaron registros de su conocimiento al respecto de las obras para la estabilización de laderas. De la misma forma, en diferentes lugares de los Andes y otros sitios de montaña, las comunidades han desarrollado técnicas de estabilidad y de terraceos con piedra y madera, por ejemplo, en el Cuzco, e incluso con bambú (como ha sido el caso de la guadua en lo que hoy es el paisaje cultural cafetero de Colombia). En algunos casos han sido acertadas, pero también perecederas, con posteriores inconvenientes cuando pierden su capacidad. Estas técnicas son ejemplo de intentos de adaptación ascendente (ver definición en el **Glosario**) que no son fáciles de aplicar, surgen en muchas ocasiones como resultado de la improvisación, se han consolidado en el tiempo, producto del ensayo y error, de la necesidad y de su evidente efectividad, y son parte del desarrollo del conocimiento local y tradicional. Usualmente no cuentan con respaldo desde el punto de vista geotécnico, que exige conocimientos de aspectos muy complejos, que varían de un sitio a otro debido a las características de los suelos en condiciones de saturación y de hidrogeología y del comportamiento climático y tectónico en cada sitio.

Otro aspecto que ha dado lugar a casos de adaptación autónoma ha sido el de la observación y vigilancia de lugares propensos, lo que ha derivado en sistemas de alerta y alarma comunitarios, que utilizan sistemas de comunicación sencillos con los cuales se informa o avisa a los pobladores de situaciones críticas evidentes y de la necesidad de evacuación. Ejemplos se han tenido en ciudades como La Paz, Lima, Bogotá o Río de Janeiro. Utilizando en ocasiones tecnología apropiada, se han construido incluso, con apoyo de alguna ONG o gobiernos locales, pluviómetros improvisados, freatímetros o piezómetros de fabricación casera o se han aplicado técnicas para detectar pequeños desplazamientos en zonas de reptación o de elevada susceptibilidad a los deslizamientos. También se han imple-

mentado para el caso de inundaciones repentinas, flujos de escombros y eventos súbitos en cuencas de alta pendiente de comportamiento torrencial, cuyos nombres varían según el sitio, como huaicos en el Perú, aludes torrenciales en Venezuela, flujos de lodo en Colombia (lahares por actividad volcánica y altas precipitaciones), y para avalanchas, desprendimiento y fusión de glaciares, nieve u otros procesos de remoción en masa. Los sistemas de radio para la comunicación entre sitios de observación y poblaciones expuestas han permitido construir sistemas de alerta sencillos con sirenas e incluso altavoces, por ejemplo, en Ibagué, Neiva, Manizales (Colombia), Quito o Cuenca (Ecuador), Río de Janeiro (Brasil), que se activan por contactos eléctricos o rupturas de alambres que juegan el papel de sensores. Estos son también ejemplos de adaptación autónoma de comunidades o municipios con apoyo de ONG, entes técnicos del sector público, universidades y entidades operativas de emergencia. En los últimos años se han identificado iniciativas locales o comunitarias en toda la región, y entidades internacionales han realizado su sistematización y divulgación (PNUD, 2007; PREDECAN, 2009; CAF, 2018).

11.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Con respecto a las barreras, una de las principales razones por las cuales no ha habido efectividad en la gestión del riesgo y de la adaptación ha sido la visión fragmentada e inconveniente de la problemática del riesgo por inestabilidad de laderas. Lo mismo ha ocurrido por el uso de resultados de modelos inapropiados de evaluación de amenaza y riesgo por deslizamientos, dado que en muchas ocasiones han conducido a maladaptación o no han permitido implementar medidas efectivas de intervención. Un ejemplo de este tipo de problemática, que se repite en varios países, es el costo excesivo del mantenimiento, la recuperación y reconstrucción de las redes de infraestructura, como carreteras y poliductos, y las dificultades en zonas urbanas para controlar el riesgo en áreas propensas a este tipo de eventos. Son múltiples los ejemplos de inestabilidad en áreas urbanas que se convierten en desastres.

Por otra parte, la gestión del riesgo de desastres y con ella la adaptación no siempre son una prioridad de la agenda política de los aspirantes y posteriormente dirigentes locales y encargados de la toma de decisiones. Por esto, cada vez que hay elecciones, es necesario poner en antecedentes y convencer desde el punto de vista institucional, académico y comunitario a los futuros mandatarios sobre la relevancia del tema (Wymann von Dach *et ál.,* 2017a, b).

Con respecto a las oportunidades, los sistemas nacionales, subnacionales y locales —a nivel urbano y comunitario— de gestión integral del riesgo de desastres son, en el caso de la inestabilidad de laderas, un figura interinstitucional, interdisciplinaria o multisectorial que facilita la adaptación, por lo cual es importante utilizar este tipo de estructuras organizativas para promover la adaptación y no intentar crear nuevas estructuras que pueden generar duplicación de esfuerzos.

Teniendo en mente la reducción de la amenaza y del riesgo por deslizamientos como un proceso de adaptación, es relevante señalar que evitar la deforestación y estimular la reforestación o revegetación de cuencas y laderas susceptibles a la inestabilidad permiten hacer un vínculo entre la adaptación y la mitigación, entendida en este caso como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero. El tema de la reforestación en zonas de amenaza por inestabilidad de laderas usualmente no se explicita debido a que no siempre es eficaz y porque el objetivo de la reforestación puede ser muy amplio desde la perspectiva de la gestión ambiental. Por ejemplo, la protección de cuencas hidrográficas y la regulación de cauces, el control de la erosión, aprovechamiento comercial sostenible de especies maderables, producción de agua, captura de carbono y otros aspectos asociados con el ecoturismo y la biodiversidad. No obstante, con la intención de generar certificados de emisiones reducidas (CER) para el mercado internacional, hay proyectos que se han realizado en diferentes países y algunos de ellos se encuentran en áreas de elevada susceptibilidad a los deslizamientos y problemas de erosión en zonas rurales y rur-urbanas (PROCUENCA, 2019). Estas iniciativas de organismos públicos, privados y mixtos han sido objeto de incentivo en algunos de los planes nacionales de cambio climático que ya se han formulado y donde se han venido promoviendo la evaluación sistemática de la huella de carbono y el uso de tecnologías limpias para elevar la competitividad.

Algunas medidas de adaptación frente a la inestabilidad de laderas generan cobeneficios y tienen especial relevancia para los ODS y la gestión integral del riesgo de desastres, como ilustra la **Figura 11.7.**

Estas medidas de adaptación han sido ampliamente aceptadas como acciones de gestión del riesgo apropiadas para ser tenidas en cuenta en la planificación urbana, el desarrollo de infraestructura —como las vías, el ordenamiento territorial y el mejoramiento de las condiciones de vida—. Sin embargo, en muchos casos la falta de gobernanza por debilidad institucional nacional y de las entidades territoriales subnacionales (como los municipios de áreas montañosas) ha hecho que su implementación sea aún incipiente y que las buenas prácticas, sobre todo en Latinoamérica, sean más una excepción que la regla. Adicionalmente, la deforestación y el cambio del uso del suelo (p. ej., para sobrepastoreo) han contribuido al aumento de los deslizamientos en áreas como la región Andina.

11.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

La adaptación, en el caso de la inestabilidad de taludes, solo es posible si existe una estrategia adecuada para la reducción de la vulnerabilidad y el mejoramiento de la resiliencia;

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Evaluación probabilista de la amenaza y el riesgo de elementos expuestos vulnerables ubicados en áreas propensas.	●	●	●	●	●	●	●		1 2 3 4
Incorporación de la amenaza y del riesgo como determinantes del ordenamiento territorial y la planificación urbana.	●	●	●	●	●	●	●		2 3
Inversión pública, obras de estabilidad de laderas, canalización de aguas y control de la erosión.	●	●	●	●	●	●	●		3
Sistemas de alerta temprana participativos y basados en la evaluación de susceptibilidad, amenaza y riesgo.	●	●	●	●	●	●	●		1 4
Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de manejo y ordenamiento de cuencas hidrográficas.	●	●	●	●	●	●	●		2 3
Reasentamiento, reubicación e intervención de vulnerabilidad de viviendas y de infraestructura, situadas en áreas propensas.	●	●	●	●	●	●	●		3
Promoción de medidas preparación y de reducción del riesgo participativas mediante educación e información pública.	●	●	●	●	●	●	●		1 4

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (●) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo). Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[3] Prioridades del Marco Sendai: 1 comprensión del riesgo de desastres; 2 fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; 3 invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; 4 mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

Figura 11.7. Interacciones en el ámbito de la inestabilidad de laderas entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia.

es decir, a través del fortalecimiento de la gobernanza y la realización de medidas de prevención asociadas a la capacidad para anticipar, evitar y enfrentar los futuros desastres, así como para recuperarse una vez han ocurrido dichos eventos (Lavell, 2005; Lavell y Brenes, 2008; Wilches-Chaux, 2007, 2008).

Pocos avances y logros se han alcanzado en la medición de la efectividad de la adaptación en general y, por consiguiente, en el caso específico de los deslizamientos. Hacer referencia a la adaptación solo frente a este tipo de amenaza, en el contexto del cambio climático, puede ser un propósito difícil de lograr, puesto que usualmente no solo se tienen en cuenta los deslizamientos, sino también otras amenazas locales recurrentes de origen climático e incluso de origen geológico, hídrico, biológico y tecnológico (Marulanda *et ál.,* 2010, 2011). En este contexto, la medición de la efectividad de la gestión del riesgo de desastres se convierte en una alternativa para dar cuenta del grado de avance en adaptación. Sin embargo, tampoco existen muchas propuestas metodológicas para medir el desempeño de la gestión del riesgo. Una de ellas ha sido el Sistema de Indicadores de Riesgo y Gestión del Riesgo, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el cual permite, mediante diferentes índices, evaluar si el riesgo está aumentando o disminuyendo en el tiempo (lo que daría cuenta de la efectividad de la gestión), y determinar la gestión del riesgo mediante un índice específico (Carreño *et ál.,* 2004, 2007). Este indicador compuesto se ha aplicado en varias ocasiones desde el 2005 hasta la fecha a 26 países de Latinoamérica y el Caribe, e incluso ha sido utilizado también a nivel de ciudades no solo en América, sino también en otros continentes (Cardona *et ál.,* 2005, 2017a; Marulanda *et ál.,* 2009; Birkmann *et ál.,* 2013a; Cardona y Carreño, 2013; Khazai *et ál.,* 2015).

El índice de gestión del riesgo de desastres (iGRD) proporciona una medida cuantitativa del grado y la eficacia de la gestión basada en objetivos o metas cualitativos predefinidos hacia los cuales deben orientarse los esfuerzos institucionales. El diseño del iGRD implicó establecer una escala lingüística de niveles de logro y desempeño actuales y deseables en el futuro para un país, una región o una ciudad. El iGRD se construyó utilizando un enfoque de lógica difusa mediante la cuantificación de cuatro componentes de política pública, cada uno de los cuales se describe mediante seis indicadores compuestos. Las políticas incluyen el conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo, el manejo de desastres y la gobernanza y protección financiera. La identificación del riesgo (IR) comprende la evaluación de la percepción individual y social, y el conocimiento objetivo y la evaluación apropiada del riesgo. La reducción del riesgo (RR) implica la implementación de acciones y medidas correctivas y prospectivas de prevención. El manejo de desastres (MD) comprende los avances en preparación, respuesta y recuperación. Finalmente, la gobernanza y la protección financiera (PF) están relacionadas con la institucionalización y las estrategias de transferencia del riesgo para la protección financiera. Más detalles acerca de la metodología y su aplicación pueden encontrarse en Cardona *et ál.* (2005) y Carreño *et ál.* (2007).

La **Figura 11.8** presenta un esquema de los indicadores que se evalúan teniendo en cuenta cinco niveles de calificación de 1 a 5 (bajo, incipiente, apreciable, notable y óptimo), definidos mediante referentes predefinidos o *benchmark,* que posteriormente, una vez unidos para todos los indicadores, al «defuzificarse», derivan en un valor numérico entre 1 y 100 y en un nivel de efectividad, siguiendo una relación no lineal, que se asocia con el grado de resiliencia obtenido.

La **Figura 11.9** ilustra un ejemplo de calificación de los seis indicadores que se evalúan en el caso de uno de los cuatro componentes de política pública, tanto para la situación actual como para otros momentos posteriores en el tiempo, lo que permite definir y acordar las acciones que se tienen que llevar a cabo para lograr el resultado previsto o deseable en los lapsos considerados (Carreño *et ál.,* 2016).

Para el caso que se ilustra, las acciones e inversiones que de forma participativa se acordaron que serían las necesarias para lograr los resultados previstos se convirtieron en las actividades del plan de gestión del riesgo y adaptación de la entidad territorial frente a las amenazas que pueden llegar a afectarla, dentro de las cuales se encuentra la amenaza por deslizamientos.

En el caso de la estabilidad de laderas, la aplicación del iGRD en sitios en los cuales este tipo de amenaza es relevante se concluye que entre las medidas de adaptación prioritaria destacan la incorporación de la amenaza y del riesgo por deslizamientos como determinantes o condicionantes en el nuevo plan de ordenamiento territorial y de planificación urbana, la inversión pública en medidas de reducción del riesgo, como la realización de obras de ingeniería de estabilidad de laderas, la canalización de aguas y control de la erosión, la educación e información pública, y la implementación de sistemas de alerta participativos, basados en evaluaciones robustas, apropiadas y pertinentes de la susceptibilidad, la amenaza y el riesgo para la toma de decisiones.

11.7. Casos de estudio

En la **Figura 11.10** se presenta una breve clasificación de los casos de estudio que se han desarrollado a continuación en el presente capítulo.

11.7.1. Gestión integral del riesgo en Manizales (Colombia)

11.7.1.1. Resumen del caso

La gestión integral del riesgo en Manizales ha sido un caso ampliamente estudiado y considerado ejemplar en Latinoamérica desde hace varias décadas por los logros obtenidos en reducción del riesgo, resultado de la convergencia del conocimiento tecnicocientífico, la voluntad politicoadministrativa y la participación comunitaria (Carrizosa, 2018; Cardona, 2019).

Ind	Descripción	Peso
IR1	Inventario sistemático de eventos y pérdidas	w_{IR1}
IR2	Monitoreo de amenazas y pronóstico	w_{IR2}
IR3	Evaluación y mapeo de amenazas	w_{IR3}
IR4	Evaluación de vulnerabilidad y riesgo	w_{IR4}
IR5	Información pública y participación comunitaria	w_{IR5}
IR6	Capacitación y educación en gestión del riesgo	w_{IR6}

Ind	Descripción	Peso
RR1	Integración del riesgo en la definición de usos del suelo y la planificación urbana	w_{RR1}
RR2	Intervención de cuencas hidrográficas y protección ambiental	w_{RR2}
RR3	Implementación de técnicas de protección y control de fenómenos peligrosos	w_{RR3}
RR4	Mejoramiento de vivienda y reubicación de asentamientos de áreas propensas	w_{RR4}
RR5	Actualización y control de la aplicación de normas y códigos de construcción	w_{RR5}
RR6	Refuerzo e intervención de la vulnerabilidad de bienes públicos y privados	w_{RR6}

Ind	Descripción	Peso
MD1	Organización y coordinación de operaciones de emergencia	w_{MD1}
MD2	Planificación de la respuesta en caso de emergencia y sistemas de alerta	w_{MD2}
MD3	Dotación de equipos, herramientas e infraestructura	w_{MD3}
MD4	Simulación, actualización y prueba de la respuesta interinstitucional	w_{MD4}
MD5	Preparación y capacitación de la comunidad	w_{MD5}
MD6	Planificación para la rehabilitación y reconstrucción	w_{MD6}

Ind	Descripción	Peso
PF1	Organización interinstitucional, multisectorial y descentralizada	w_{PF1}
PF2	Fondos para la gestión del riesgo de desastres	w_{PF2}
PF3	Localización y movilización de recursos de presupuesto	w_{PF3}
PF4	Implementación de redes y fondos de seguridad social	w_{PF4}
PF5	Cobertura de seguros y estrategias de transferencia de pérdidas de activos	w_{PF5}
PF6	Cobertura de seguros y reaseguros de vivienda y del sector privado	w_{PF6}

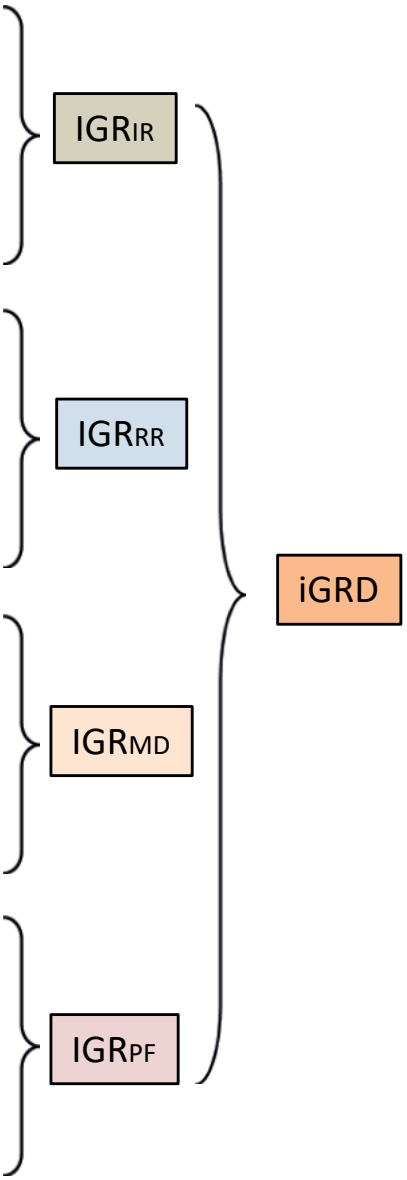


Figura 11.8. Indicadores de los cuatro componentes del iGRD que se evalúan utilizando una escala de calificación de cinco niveles lingüísticos, desde bajo hasta óptimo. Fuente: Carreño *et ál.*, 2007.

11.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

Manizales es una ciudad ubicada en el relieve abrupto de los Andes centrales colombianos a 2.100 m s.n.m., cerca del volcán Nevado del Ruiz. Esta ciudad, capital del departamento de Caldas, tiene una población aproximada de 420.000 habitantes, ubicados principalmente en laderas escarpadas de suelos inestables compuestos principalmente por cenizas volcánicas. Estos suelos son muy sensibles a la humedad y a las lluvias, que son abundantes en el lugar, así como a la actividad sísmica de la región (**Figura 11.11**). La ciudad se vio afectada, desde su fundación en 1849, por incendios importantes, intensos terremotos, lahares volcánicos y, con frecuencia, en las últimas décadas —principalmente desde los años sesenta—, por deslizamientos de tierra e inundaciones repentinas de alta montaña debido a su expansión urbana.

La vulnerabilidad de la población de bajos ingresos se ha incrementado debido a su asentamiento en áreas propen-

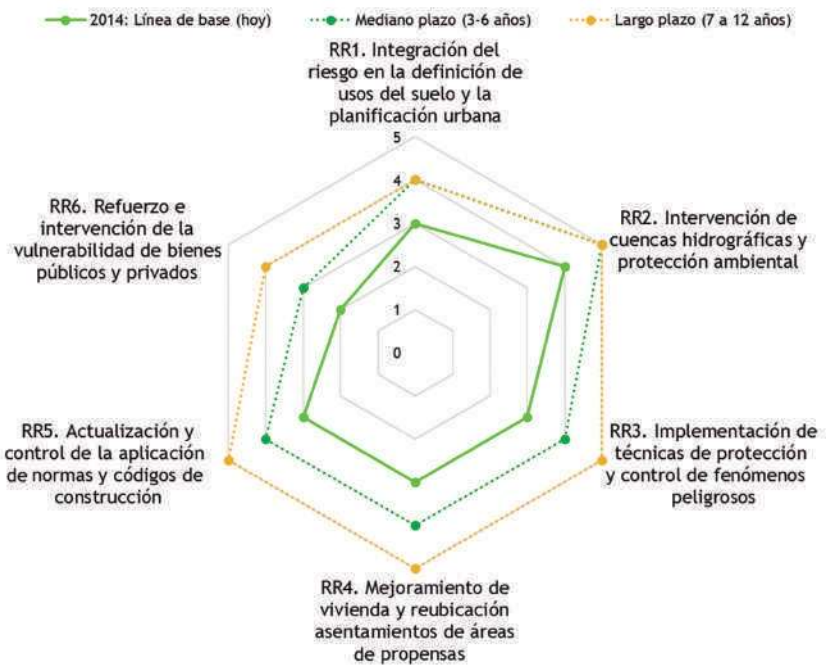


Figura 11.9. Ejemplo de evaluación del estado actual y esperado de los indicadores de reducción del riesgo (RR) a nivel local en 2014 y para 2020 y 2025. Fuente: Narváez (2015), Alcaldía de Manizales (2016).

sas, impulsada por las crecientes presiones demográficas, la exclusión, la pobreza, las inequidades, la falta de control urbano y el ordenamiento territorial. Los daños y pérdidas debidos a eventos peligrosos han sido importantes y han dejado marcas en la memoria de las personas y en la historia y la cultura de la ciudad. Por esta razón, aunque una cultura sísmica local se desarrolló a partir de finales del siglo XIX —con sus propias técnicas de construcción tradicionales y peculiares de bahareque—, la ciudad puso en marcha, paso a paso, desde 1970, un proceso integrado de gestión del riesgo de desastres. Este proceso se basó, inicialmente, en una estrategia institucional innovadora, una agencia local específica para hacer frente a los deslizamientos, pero posteriormente se fundamentó en un enfoque sistémico e interinstitucional, convocando de forma efectiva capacidades científicas, gerenciales y comunitarias.

Actualmente la ciudad realiza una reflexión acerca del nivel de seguridad que debe lograrse con el ordenamiento territorial y el diseño de obras de estabilidad debido a que tiene un registro de lluvias desde hace varias décadas que indica que los aguaceros más intensos son cada vez más frecuentes; por ejemplo, 156 mm en menos de seis horas el 19 de abril de 2017. Valores similares se han obtenido al menos cuatro veces en una década, y muchas de las obras fueron diseñadas para lluvias que no llegan a la tercera parte y supuestamente para 100 años de periodo de retorno (Red de Estaciones, IDEA, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales). Esta situación hace evidente que la investigación y el conocimiento de los eventos climáticos son un imperativo para definir cuánta seguridad es una seguridad suficiente en la planificación de la ciudad (Cardona, 2019).

11.7.1.3. Descripción del caso

Debido al aumento de los deslizamientos urbanos en la década de los años sesenta, en 1971 se creó la Corporación Regional Autónoma para la «defensa» de Manizales, Salamina y Aranzazu (CRAMSA, actualmente la autoridad regional ambiental Corpocaldas), la cual desarrolló, con el apoyo científico de la facultad de ingeniería local de la Universidad Nacional, modelos técnicos y de investigación de la estabilidad de taludes, trabajos de protección hidráulica y de control de la erosión, así como enfoques económicos y sociales para la implementación de proyectos de reubicación de vivienda de forma participativa y asociativa. Adicionalmente, desde finales de la década de 1980, siguiendo una nueva política nacional, la Administración de la ciudad implementó un sistema municipal para mejorar la atención y la prevención de desastres desde una perspectiva intersectorial e interinstitucional. Más recientemente, desde 2012, como resultado de la actualización de la política nacional de gestión del riesgo, este esquema interinstitucional es el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, liderado por el alcalde de la ciudad y conformado, de manera intersectorial e interdisciplinaria, por las secretarías de planeación, hacienda/finanzas, medio ambiente, obras públicas, vivienda, educación, salud, desarrollo comunitario, preparación para emergencias y las entidades de servicios públicos, entre otras agencias locales o de representación nacional.

Como resultado de este proceso, se construyeron muchas obras hidráulicas y de estabilidad de laderas (cerca de 970) y se han impulsado con éxito proyectos de reubicación preventiva de vivienda en riesgo derivados de la planificación urbana (**Figura 11.12**), según el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad (Alcaldía de Manizales, 2017). Para lograr estos objetivos, ha sido muy útil el trabajo realizado por las Guardianas de la Ladera, un programa basado en madres cabeza de hogar de áreas pobres, que se han capacitado para el mantenimiento de las obras y el inventario de vivienda en riesgo (PNUD, 2005). Las evaluaciones de susceptibilidad, amenaza y riesgo, incluso con un enfoque holístico o integral, realizadas con apoyo de la academia, se han incluido como determinantes de la formulación y actualización

Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Gestión integral del riesgo en Manizales, Colombia.	Colombia			Municipal/local		Municipal/local
Planificación urbana en Vargas, Venezuela.	Venezuela			Subnacional		Subnacional; municipal/local
Riesgo a cambio de riesgo en La Pintada, Guerrero, México.	México			Municipal/local		Municipal/local
Catarsis y fortalecimiento institucional en Río de Janeiro, Brasil.	Brasil			Subnacional; municipal/local		Municipal/local



Figura 11.10. Caracterización de los casos de estudio (inestabilidad de laderas). Fuente: elaboración propia.

de los planes de ordenamiento territorial, usos del suelo, estructura ecológica e inversión pública (PREDECAN, 2009b). La información de riesgo utilizando modelos probabilistas ha sido un insumo clave para la implementación de un seguro colectivo voluntario que se puede pagar utilizando el pago del impuesto predial de la ciudad y permite brindar cobertura de seguros frente a desastres no solo a los contribuyentes que lo pagan, sino también a los propietarios de bajos ingresos, sin costo para ellos, a través de una estrategia de subsidio cruzado (Marulanda *et ál.*, 2014, 2015, 2016). Esta iniciativa promueve no solo la cultura del seguro, sino también la solidaridad comunitaria (Marulanda *et ál.*, 2008; Cardona, 2009; Cardona *et ál.*, 2016). Por otra parte, el gobierno local ha implementado requisitos de construcción sismorresistente basados en la microzonificación sísmica detallada de la ciudad y la implementación del refuerzo o intervención de la vulnerabilidad de muchos edificios esenciales. La ciudad cuenta con redes de observación y vigilancia hidrometeorológica, volcánica y sísmica en línea para la alerta, la evaluación automática del riesgo y la información pública (Cardona, 2019; Correa *et ál.*, 2019).

Manizales, con el impuesto a la propiedad, recauda también una sobretasa ambiental (1,5 ‰) y una sobretasa para la gestión del riesgo de desastres (0,5 ‰) que recibe Corpocaldas, la autoridad regional ambiental. Entre 2009 y 2015 estos impuestos han permitido inversiones del orden de 18,2 y 5,3 millones de dólares, respectivamente. Estos impuestos han sido una fuente adicional al presupuesto de las instituciones en el tema. La **Tabla 11.2** ilustra un resumen de las



Figura 11.11. Avance de la erosión y de los deslizamientos en un sector de Manizales. Fuente: fotografía de Carlos A. García M.

inversiones en gestión y reducción del riesgo de desastres en Manizales en los últimos 15 años, que corresponden a cerca de 52 millones de dólares (Pérez, 2007; Corpocaldas, 2015). La ciudad es considerada un ejemplo de sostenibilidad y transformación por sus esfuerzos en mejorar su resiliencia.

11.7.1.4. Limitaciones e interacciones

Si bien la gobernanza de la gestión del riesgo en Manizales ha sido sólida y se ha fortalecido con el tiempo, la vulnerabilidad en diferentes áreas de la ciudad aún existe o ha seguido creciendo debido al aumento de la población y la migración desde las zonas rurales al área urbana. Por otra parte, un problema siempre difícil de resolver es la falta de continuidad de las acciones y de la política de gestión de riesgo cuando cambia la Administración, que es elegida para un periodo de cuatro años.



Figura 11.12. Obras de estabilidad y control de la erosión en Manizales y mantenimiento de las obras por parte de las Guardianas de la Ladera. Fuente: fotografías de Corpocaldas, Omar D. Cardona A. y Dora Catalina Suárez O.

Tabla 11.2. Inversiones en gestión del riesgo de desastres (2002-2015) en USD. Fuente: elaboración propia a partir de Pérez (2007) y Corpocaldas (2015).

Año	Inversiones en obras reducción del riesgo	Otras inversiones en gestión del riesgo	Inversión total
2002-2008	7.442.208	1.092.112	8.534.320
2009	8.139.048	108.990	8.248.038
2010	1.305.772	233.768	1.539.540
2011	19.337.100	218.234	19.555.335
2012	5.440.237	248.325	5.688.562
2013	2.650.666	915.555	3.566.221
2014	2.132.969	451.679	2.584.647
2015	1.976.973	202.636	2.179.609
TOTAL	48.424.974	3.471.299	51.896.272

11.7.1.5. Lecciones identificadas

La evaluación apropiada de las amenazas y del riesgo con fines de planificación de usos del suelo, la información pública, el aseguramiento colectivo de los propietarios de bajos ingresos y el diseño y construcción de obras de estabilidad de laderas y reducción del riesgo han sido notables y exitosas (Birkmann *et ál.,* 2011; CAF, 2018; Carrizosa, 2018; Cardona, 2019). También es necesario destacar el trabajo comunitario a lo largo de todo el proceso, la observación y vigilancia de la amenaza, el control de nuevas ocupaciones ilegales, el mantenimiento de las obras de protección, y el mejoramiento de ingresos económicos de familias con alto nivel de vulnerabilidad social.

El caso de Manizales ilustra que la gestión integral del riesgo de desastres no es una disciplina profesional, ni un sector, ni una agencia. Esta experiencia confirma que la gestión del riesgo de desastres es una estrategia de desarrollo, porque para anticiparse y mejorar la resiliencia en las ciudades se necesita de una buena gobernanza para el desarrollo (Bernal *et ál.,* 2017).

11.7.2. Planificación urbana en Vargas (Venezuela)

11.7.2.1. Resumen del caso

Después del desastre de 1999 en Vargas, los nuevos planes urbanísticos elaborados y aprobados empezaron considerar de manera explícita e integral las amenazas y el riesgo; es decir, como determinantes del ordenamiento territorial y condicionantes de los usos del suelo. Sin embargo, desde el 2011, las disposiciones establecidas en los reglamentos e instrumentos de planificación no han sido tenidas en cuenta y se ha estado construyendo vivienda en las áreas que fueron afectadas por el desastre de 1999.

11.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

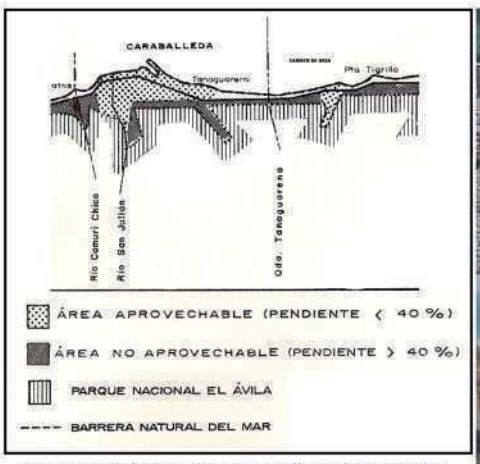
El estado Vargas, creado en 1999, está localizado en la cordillera Central, en región Centro-Norte de Venezuela. Vargas está considerado como la «puerta de entrada al país», ya que allí se localizan el puerto de la Guaira y el aeropuerto internacional de Maiquetía, que se encuentran a unos 35 km de la ciudad de Caracas. Tiene aproximadamente 172 km de costa sobre el mar Caribe, franja en la cual se encuentra la serranía del litoral central, donde predomina el paisaje de montaña y donde se alcanzan alturas superiores a los 2.000 m s.n.m. Está conformado por 11 parroquias. Caraballeda es una de ellas, en la cual existen asentamientos humanos que ocupan una franja de 7 km de longitud, donde convergen 5 cuencas hidrográficas. El ancho de este borde costero varía entre 200 y 2.000 metros como consecuencia del contorno topográfico del Waraira Repano (antes Parque Nacional El Ávila).

En la historia del estado Vargas se registran varios desastres relacionados con aludes torrenciales o flujos de escombros, a su vez derivados de múltiples deslizamientos detonados de forma simultánea por lluvias intensas concentradas (vaguadas y frentes fríos boreales), así como también por inundaciones repentinas propias de cuencas de alta pendiente. En diciembre de 1999, en la parroquia de Caraballeda, se presentaron numerosos aludes torrenciales que causaron daños del orden de 2.000 millones de dólares, según la CEPAL, murieron al menos 700 personas —aunque se llegó a afirmar que fueron miles— y varias decenas de miles de personas fueron afectadas en diferente grado. Otros eventos similares ya habían ocurrido como resultado de lluvias intensas y concentradas durante varios días, causando daños notables. Dichos eventos se habían presentado en el siglo XIX y en los años 1944, 1948 y 1951. El último había causado los mayores efectos antes del evento de 1999. Igualmente, otros eventos se presentaron posteriormente, en 2005, 2010 y 2011. Resulta paradójico que eventos cuyo periodo de retorno se estimaba que sería de 500 años o más

años se hayan estado presentando tan frecuentemente (Grases *et ál.,* 2000; López y García, 2006; López, 2010).

11.7.2.3. Descripción del caso

El desastre de Vargas de 1999 marcó un antes y un después en lo que se refiere a considerar las amenazas y el riesgo en los instrumentos de planificación urbana en el país. En la mayoría de los planes que se habían realizado antes de este desastre, en la denominada región del Litoral Metropolitano (donde se ubican Vargas y la parroquia Caraballeda) solo se consideraba la pendiente del terreno como un condicionante en la reglamentación de los usos del suelo. Este criterio fue el único adoptado en el Plan de Desarrollo Urbano 1975-1990 del Litoral Metropolitano, instrumento de planificación que sirvió como base para la elaboración de la Ordenanza de Zonificación de las parroquias Catia La Mar, Maiquetía, La Guaira, Macuto, Caraballeda y Naiguatá del año 1977, y que incluso aún sigue vigente (Mendes, 2014).



Esquema del Plan de Desarrollo Urbano 1975-1990 del Litoral Metropolitano, 1975. Parte del plano original n.° 9, medio físico.



Daños en Caraballeda, 1999.

Figura 11.13. Consideración deficiente de la amenaza de inestabilidad de taludes en el plan de desarrollo urbano de 1975 (Mendes, 2014). Fuentes: fotografías de Daniel Salcedo y Sergio Mora; Proyecto El Ávila, 2003.

En este instrumento de planificación se señalan como áreas de protección aquellas que resultan «por su situación y características físicas inadecuadas para la construcción de todo tipo de edificación. Por ejemplo, las zonas con pendiente mayor de 40 % y ubicadas por debajo de la cota 120 m s.n.m. del Parque Nacional El Ávila» (Mendes, 2014). La **Figura 11.13** ilustra las zonas que se consideraban como áreas aprovechables para el desarrollo urbano, que eran aquellas que tuvieran pendientes menores del 40 %. En estas áreas se reglamentaron usos del suelo que permitían actividades permanentes y de altas densidades; por ejemplo, el uso residencial multifamiliar.

En 2009 se aprobó el Plan de Ordenación Urbanística del estado Vargas (POUEV), teniendo en cuenta las disposiciones del plan de ordenamiento del Área de Protección y Recuperación Ambiental (APRA) formulado en 2000, después del desastre. El POUEV considera como áreas no desarrollables aquellas en donde la amenaza por aludes torrenciales es alta. Estas áreas corresponden con las zonas aledañas a los ríos, las cuales se denominan áreas con restricciones de uso para la recuperación y protección de cauce (ARU-1). Igualmente, dentro de las áreas ya desarrolladas se reglamenta el Área Residencial 1 (AR-1) (1), que corresponde a las zonas donde se permiten los usos residencial y comercial siempre y cuando a) de existir una alta amenaza por aludes torrenciales deben realizarse estudios detallados que determinen el grado de amenaza, considerando la construcción de obras de control hidráulico que el mismo instrumento de planificación recomienda, y b) de existir un nivel elevado de amenaza por inestabilidad de laderas debe prohibirse la construcción de nuevas edificaciones y se deben reubicar las ya existentes, exigiendo además la construcción de obras de estabilización (Mendes, 2014). La **Figura 11.14** ilustra esas disposiciones en los conos de deyección donde ha habido desarrollo urbano.

11.7.2.4. Limitaciones e interacciones

Aunque en estos instrumentos de planificación no se realizaron análisis de vulnerabilidad de los elementos expuestos, lo que significó un vacío para hacer una mejor identificación y evaluación de las potenciales pérdidas económicas y de vidas, la incorporación de las amenazas como determinante significó un gran acierto. La evaluación de la amenaza contribuyó a revelar o hacer manifiesto el riesgo implícito existente o que puede llegar a configurarse en el futuro en las zonas aún no ocupadas, permitiendo definir acciones que pudieran disminuir de forma correctiva y prospectiva el riesgo (Jimenez, 2010).

Desafortunadamente, aun cuando en los instrumentos de planificación urbana que se elaboraron después de 1999 se incorporó de manera explícita la gestión del riesgo, el desarrollo urbano que se realizó después en las distintas cuencas que conforman la parroquia Caraballeda no fue el más adecuado por problemas de gobernanza. La participación de múltiples actores, especialmente del ámbito nacional, aunada a la necesidad de proporcionar vivienda a las personas que resultaron afectadas, no solo en el



Figura 11.14. Disposiciones de los planes de ordenamiento urbano y protección ambiental del estado Vargas en relación con las amenazas en el área de influencia. Fuente: Mendes, 2014.

Planes y Proyectos Especiales y el Instituto Autónomo de la Vivienda del Estado Vargas. Fue así cómo en poco más de una década varias instituciones, principalmente del nivel nacional, intervinieron desde el punto de vista urbanístico en el estado, lo que significó una ejecución notable de recursos y mayor conciencia sobre el tema. Desafortunadamente, dicha institucionalidad dejó a un lado la entidad territorial a la que por ley le competía la mayoría de las acciones del nivel urbano: la Alcaldía del municipio Vargas y, adicionalmente, a la comunidad organizada. La institucionalidad coyuntural que se derivó de los eventos finalmente desapareció y se reemplazó, en parte, por Gabinetes Estatales y Municipales descritos en la ley que creó el Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socio-naturales y Tecnológicos, que en la práctica no funcionó. En este caso los beneficios fueron temporales y no se llegó a consolidar el desarrollo institucional que se esperaba (Altez y Barrientos, 2008; López, 2010).

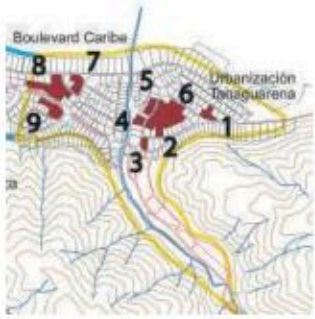
estado Vargas, sino también en otros estados del país, llevó a la creación de la Gran Misión Vivienda Venezuela (GMVV), que a partir de 2011 construyó vivienda en las áreas en las cuales no se debía construir, de acuerdo con los nuevos reglamentos e instrumentos de planificación aprobados después del desastre. Esto significa que, aunque los instrumentos de planificación fueron un gran logro por haber sido elaborados de forma consistente, el objetivo de los mismos no se logró porque sus disposiciones no se implementaron de manera apropiada por los actores institucionales que debían hacerlo. La **Figura 11.15** ilustra el desarrollo de vivienda en sitios que no debían ser ocupados, un claro ejemplo de aumento de la vulnerabilidad y del riesgo y de una maladaptación promovida por las autoridades de gobierno desde el nivel central (López, 2010; Mendes, 2014).

Al analizar el papel que los actores de gobierno, comunitarios y técnicos/científicos tuvieron en el proceso de recuperación y planificación urbana que se inició en el año 2000 en el estado Vargas, se puede observar que el inicio de un plan, programa o acción siempre estuvo antecedido por la ocurrencia de algún evento hidrometeorológico extraordinario. Debido al evento de 1999 se creó la Autoridad Única de Área del Estado Vargas, se formuló el plan de ordenamiento del Área de Protección y Recuperación Ambiental (APRA) y se creó CORPOVARGAS como entidad ejecutora. Después del evento de febrero 2005 se creó la Comisión Nacional de Gestión de Riesgos y se formuló del Plan Vargas 2005. Debido al evento de noviembre de 2010 se creó la Gran Misión Vivienda Venezuela, entraron a actuar la Oficina Presidencial de

11.7.2.5. Lecciones identificadas

Una apropiada evaluación y reducción del riesgo no solo disminuye la probabilidad de que sucedan los desastres, sino que también contribuye a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, es decir, al desarrollo sostenible. Un medio para alcanzar ese fin es el ordenamiento territorial y la planificación urbana. A pesar de los esfuerzos que se han realizado, en el ámbito nacional e internacional, aún no se tiene claro cuáles son las metodologías apropiadas, al evaluar las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo, cuyos resultados puedan ser utilizados por los planificadores para generar una adecuada reglamentación de los usos del suelo, de manera tal que los tomadores de decisiones puedan implementar estrategias de gestión del riesgo de carácter prospectivo, correctivo y prescriptivo; *i.e.,* estas últimas asociadas a la obligatoriedad de expedir y hacer cumplir la reglamentación (Jimenez, 2010; Mendes, 2014). Se concluye que, desde el punto de vista de la gobernanza del riesgo y del desarrollo en general, es necesario trabajar de forma coordinada entre los diferentes actores y niveles territoriales y son claves el empoderamiento del gobierno local y la participación de la comunidad.

¿Cuánta adaptación es suficiente? Esta es una pregunta cuya respuesta está implícita en las decisiones que se toman cuando se hace la planificación del territorio en áreas propensas al impacto de eventos peligrosos. Existe aún mucho camino que recorrer para que esta pregunta sea debidamente tenida en cuenta en los procesos de transformación y desarrollo del medio físico desde el punto de vista ambiental, económico y social. No es apropiado hablar de



Conjunto	N° de viviendas
1	16
2	24
3	16
4	16
5	16
6	112
7	40
8	729
9	384
Total	1.353



Representan alojamiento para unas 6.088 familias y un 33 % del total de las viviendas que se construyeron en la parroquia Caraballeda en el marco de la GMVV

Figura 11.15. Nuevos urbanismos de la GMVV en las zonas de alta amenaza por inestabilidad de laderas (aludes torrenciales) en la cuenca del río Cerro Grande. Fuente: Mendes, 2014.

un desarrollo sostenible si no existe una estrategia explícita para la gestión del riesgo. Una buena planificación solo es factible si el riesgo es debidamente identificado y se define la manera de reducirlo o prevenirlo. En este caso se han identificado aciertos, pero también desaciertos en los esfuerzos realizados, y se han presentado reflexiones cuyo objetivo ha sido hacer énfasis en que es necesaria una planificación más integral que conduzca a tener ciudades resilientes, donde la adaptación y la gestión del riesgo contribuyan a un desarrollo con seguridad y equidad (Cardona, 2001, 2012, 2013).

11.7.3. Riesgo a cambio de riesgo en La Pintada (Guerrero, México)

11.7.3.1. Resumen del caso

Después de haber sido afectada por deslizamientos, resultado de una fuerte presión mediática, autoridades políticas decidieron de forma apresurada que La Pintada debía ser reubicada. Sin bases técnicas sólidas se llevó a cabo su reubicación, quedando el poblado expuesto no solo a deslizamientos, sino también a inundaciones. Se generó una falsa sensación de seguridad con las obras y las nuevas casas, pero las causas de fondo de la vulnerabilidad no se tuvieron en cuenta.

11.7.3.2. Introducción a la problemática del caso

La localidad de La Pintada se ubica en el nororiente del municipio de Atoyac de Álvarez, a 62 km al noroeste de Acapulco y 257 km al sudoeste de la Ciudad de México. Pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur en la región de la Costa Grande en el estado de Guerrero. La vegetación predominante incluye bosques de pino y roble, y bosques caducifolios tropicales en la zona costera. El uso del suelo se centra en la silvicultura y la agricultura. Los incendios forestales son comunes en la región y principalmente tienen origen antropogénico. El sector norte del municipio se caracteriza por la presencia de colinas y montañas y una

erosión severa, mientras que el sector sur está formado por llanuras costeras. El clima predominante es cálido-húmedo y semicálido húmedo y la temporada de lluvias se concentra en el verano con una precipitación media anual de 1.236 mm (INAFED, 2010). Las inundaciones, deslizamientos y sismos son frecuentes en esta región.

La Pintada es considerada como una comunidad con un alto nivel de marginación o exclusión social. En 2010, tenía 628 habitantes; el 21,12 % de las personas de 15 años o más eran analfabetas y el 71,12 % no había terminado los estudios de primaria; 52,23 % no tenía acceso a los servicios de salud. De 123 viviendas, el 11,38 % no tenía instalaciones sanitarias, el 61,79 % tenía suelo de tierra; el 4,07 % carecía de electricidad, el 7,32 % carecía de canalización de agua y el 12,2 % no disponía de sistemas de alcantarillado (INEGI, 2010).

Una de sus principales actividades económicas es la agricultura, que incluye cultivos como maíz, sandía, sorgo forrajero, frijoles, café y frutas tropicales. El café solía ser la primera fuente de ingresos en La Pintada. Sin embargo, la crisis en los precios internacionales de este producto ha afectado considerablemente a las antiguas cooperativas y los pequeños productores no tienen la posibilidad de realizar inversiones más sólidas para garantizar la producción y un mercado confiable (Alcántara-Ayala *et ál.,* 2017).

11.7.3.3. Descripción del caso

En septiembre de 2013 la precipitación derivada de la llegada simultánea de los huracanes Manuel e Ingrid desencadenó numerosos deslizamientos de tierra que afectaron a un gran número de comunidades en 20 de las 32 entidades federativas de México. Las consecuencias más devastadoras tuvieron lugar en Guerrero, el segundo estado más pobre de México, donde 2,4 millones de personas (70 % de la población total) viven en situación de pobreza, y de estas, 1,1 millones (31,7 % del total) bajo pobreza extrema (CONEVAL, 2013).

De particular importancia fue el impacto de los deslizamientos desencadenados por la precipitación del huracán Manuel en los pueblos de La Pintada, Paraíso y El Edén. No menos de 200 procesos de inestabilidad de laderas afectaron a numerosas viviendas, y las carreteras principales quedaron gravemente dañadas. La falta de comunicación duró varios días. Un deslizamiento con un volumen aproximado de 125.000 m^3 ocurrió precisamente durante la conmemoración del Día de la Independencia, el 16 de septiembre, en la localidad de La Pintada (**Figura 11.16a**). Como consecuencia, 78 personas perdieron la vida, 8 fueron registradas como desaparecidas y 8 más resultaron heridas (Alcántara-Ayala *et ál.,* 2017).

En esta región la presencia de depósitos de deslizamientos antiguos indica que se han presentado y reactivado procesos de inestabilidad de laderas por lluvias intensas y sismicidad. La inestabilidad está condicionada por la baja resistencia de los materiales que forman las laderas (principalmente por granitos altamente intemperizados), procesos erosivos, construcción inadecuada de terrazas y vías de comunicación, vibraciones, sobrecarga de las laderas o taludes y deforestación (**Figura 11.16b**).

Si bien el desastre es el resultado de un proceso social, las instancias de Protección Civil Nacional continúan operando desde una perspectiva concentrada solamente en la gestión de emergencia y respuesta, por lo que lo ocurrido en La Pintada fue etiquetado como un «desastre natural». Esto permitió su apropiación por parte de los medios y las autoridades con fines de sensacionalismo, conformación de estereotipos y clientelismo político. Horas después del desastre, durante una campaña intensa de medios de comunicación que cubría de manera puntual la tragedia sin referirse a la situación de exposición y vulnerabilidad en que se encontraban las comunidades de las localidades aledañas y de las áreas montañosas, el Poder Ejecutivo anunció la construcción de La Nueva Pintada (Olson, 2013).

Bajo la dirección del Gobierno del Estado, se realizaron obras de ingeniería en la ladera en la que ocurrió el deslizamiento con la finalidad de mejorar su estabilidad en la corona y los flancos; estas obras incluyeron trabajos de anclaje y recubrimiento, la construcción de cunetas, contracunetas, lavaderos y reforestación (CENAPRED, 2017) (**Figura 11.16c**). Asimismo, de manera prácticamente inmediata, sin bases técnicas sólidas, se identificó el sitio para la reubicación, en el cual durante los meses posteriores se reconstruiría no solo el poblado, sino también un nuevo riesgo de desastre (**Figura 11.16d**). El titular de una de las Secretarías involucradas en la reconstrucción hizo referencia a la puesta en marcha de un proyecto para estabilizar los cerros en La Pintada y en El Paraíso «para hacerlos completamente seguros y evitar así cualquier tipo de incidente…» (NOTIMEX, 2014), enfatizando una certidumbre en torno a la anulación del riesgo: «…y tenemos una certeza del cien por ciento de que lo que estamos haciendo impedirá cualquier tipo de accidente en el futuro» (Aguilar, 2014). Dichos pronunciamientos políticos facilitaron que se generara una percepción errónea acerca del grado de seguridad y del riesgo para una población extremadamente vulnerable.

Después de una visita de evaluación realizada a la comunidad de La Pintada en 2017, el Centro Nacional de Prevención de Desastres expidió un informe indicando que los trabajos de estabilidad de la ladera afectada por el deslizamiento no estaban siendo efectivos (CENAPRED, 2017). Algunas obras de drenaje superficial, como canaletas y salidas de agua construidas en 2015 y 2016, se encontraban obstruidas por vegetación, y la presencia de agrietamientos, varios de los cuales fueron reparados sin éxito, representaba fuentes de infiltración de agua hacia el subsuelo y, en consecuencia, de potencial inestabilidad.

El proyecto de reconstrucción y reubicación de La Nueva involucró la construcción de 187 viviendas, un nuevo centro escolar y de salud, un parque público, una alberca y una iglesia. Todo ello estaba ubicado a unos metros de la zona de depósito del deslizamiento ocurrido el 16 de septiembre

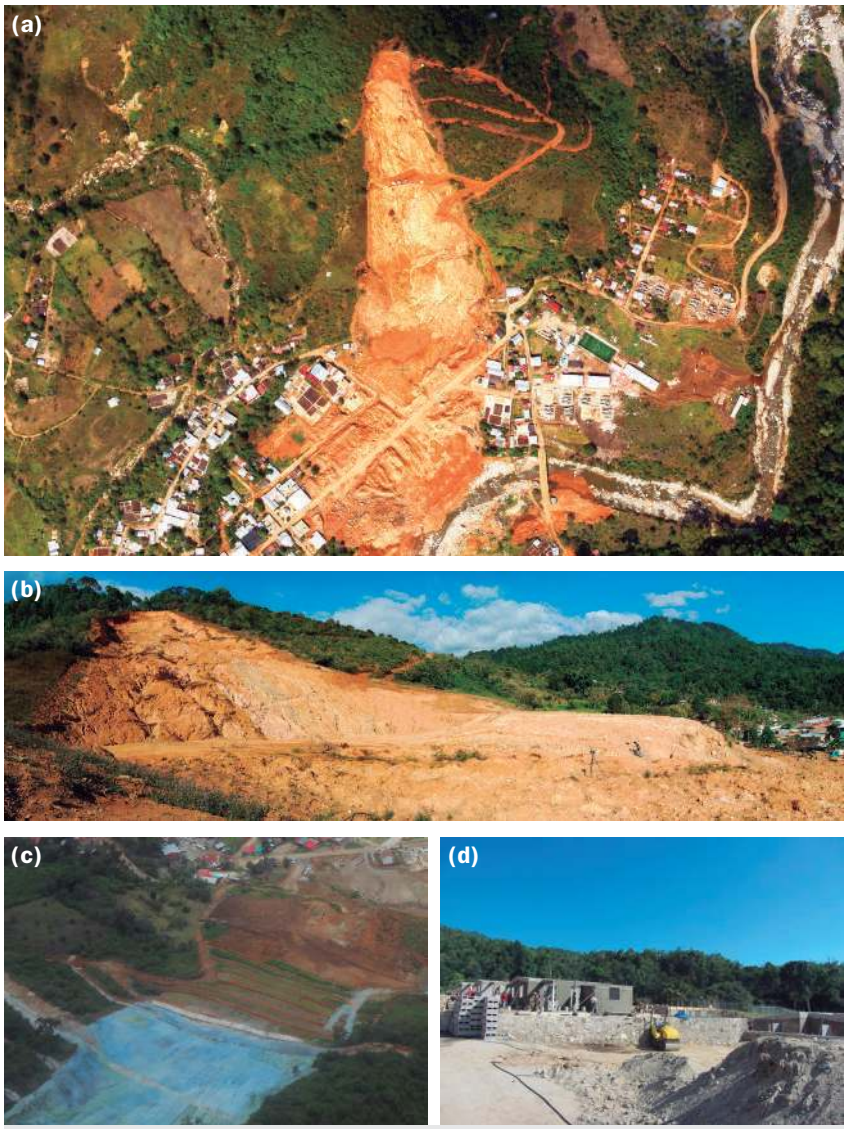


Figura 11.16. Localidad de La Pintada: (a) deforestación en diversas zonas del municipio de Atoyac de Álvarez (imagen de satélite Google Earth Pro); (b) deslizamiento desencadenado por precipitación el 16 de septiembre de 2013 (fotografía de Ricardo J. Garnica-Peña); (c) obras de mitigación (fotografía de la Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales de la Dirección de Investigación del CENAPRED), y (d) construcción de viviendas para la relocalización de La Nueva Pintada (fotografía de la Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales de la Dirección de Investigación del CENAPRED).

de 2013 y en la llanura de inundación de uno de los muchos afluentes del río Atoyac (**Figura 11.17**). En otras palabras, se pasó de un sitio de riesgo a otro sitio que también está en riesgo por otro tipo de problemática ambiental.

11.7.3.4. Limitaciones e interacciones

Aunque la legislación nacional vigente de Protección Civil hace referencia a que los programas y estrategias de los tres niveles de gobierno deben sustentarse en un enfoque de gestión integral del riesgo, hay una reiterativa incoherencia entre el marco normativo existente y su implementación. Se adolece de componentes de transversalidad de la gestión entre los actores involucrados. La gestión integral del riesgo se queda en el papel y es rebasada por la práctica de la reacción y la emergencia.

Por ejemplo, se consideran como delitos graves la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada sin elaborar un análisis de riesgo. Sin embargo, la creación de La Nueva Pintada por parte del Gobierno estatal con fondos federales mediante la reconstrucción del poblado en la planicie de inundación de la misma localidad adoleció de un análisis consensuado de amenazas y riesgo que sustentara esa decisión (**Figura 11.17**). Esto ilustra la falta de comunicación de la comunidad científica con los tomadores de decisiones y que no ha existido una estrategia política vinculante que garantice la adopción de decisiones basada en el conocimiento científico.

Un proceso de reasentamiento o reubicación exige un esfuerzo multisectorial y la convergencia de actores institucionales de los diferentes niveles nacional, estatal y municipal. En este caso, la necesidad de reducir o eliminar el riesgo implicó ese tipo de interacciones de forma positiva, por lo cual puede afirmarse que pensar en reubicar la población, debido al riesgo, derivó en procesos beneficiosos de fortalecimiento institucional y trabajo comunitario. Sin embargo, el beneficio podría haber sido mayor si se hubiese vinculado la institucionalidad técnica, que hubiera podido aportar la evaluación de la amenaza y el riesgo en el nuevo sitio donde se definió que se llevaría a cabo la relocalización, un lugar sobre el que no se hicieron los debidos estudios y por lo cual se pasó de un sitio en riesgo a otro sitio que también está en riesgo por otro tipo de problemática ambiental.

11.7.3.5. Lecciones identificadas

En 2014, a tan solo un año del desastre, México recibió el reconocimiento Global Partner Award, otorgado por el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e



Figura 11.17. Obras de mitigación de la ladera afectada por el deslizamiento y reubicación de La Nueva Pintada en la planicie de inundación. Fuente: fotografía de la Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales de la Dirección de Investigación del CENAPRED.

Investigaciones (Unitar) por la reconstrucción de La Pintada por parte de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (Sedatu). Esto ilustra que según como se presente el caso se puede entender como un éxito o un fracaso. Desde el punto de vista de la Ley General de Protección Civil, que establece que la gestión integral del riesgo debe ser incorporada como un aspecto fundamental en la planeación del desarrollo y ordenamiento, es evidente que falta mucho por hacer para entender que, más allá de la respuesta y del sensacionalismo nacional e internacional, la atención a los impulsores del riesgo, como la pobreza, la marginación, la exclusión social, la fragilidad de los medios de vida, la ocupación de viviendas precaria, la degradación ambiental, entre otros, es un requisito para la reducción del riesgo de desastre y la adaptación.

Actualmente la población de La Pintada y las localidades aledañas enfrentan una crisis por los efectos de la roya en el café, lo que ha significado pérdidas de más del 90 % de la producción, situación que agrava su precario modo de subsistencia.

Se concluye que, aparte de la necesaria integralidad de la gestión del riesgo, es importante tener en cuenta que las solas intervenciones de carácter ingenieril para la reducción del riesgo pueden generar una falsa sensación de seguridad ante la amenaza que se trata de disminuir o ante otras amenazas. También que la desatención a las causas de fondo que generaron la ocupación original (pobreza, marginación, fragilidad, etc.) han derivado en que la expansión de La Pintada se haya llevado a cabo en condiciones inseguras. Es decir, que se atendió el caso con una visión reducida y que poco se hizo para intervenir los procesos generadores y subyacentes de la vulnerabilidad y del riesgo; esto significa que se hizo un cambio sin transformación.

11.7.4. Catarsis y fortalecimiento institucional en Río de Janeiro (Brasil)

11.7.4.1. Resumen del caso

Desastres por inestabilidad de taludes han ilustrado que el desarrollo urbano en áreas propensas de Río de Janeiro no ha tenido en cuenta las amenazas y el riesgo como condicionantes en la planificación. Los eventos recientes han estimulado el impulso de proyectos de fortalecimiento institucional en todos los niveles y el desarrollo de numerosos sistemas de alerta a nivel local, con logros parciales que exigen un mayor énfasis en el trabajo comunitario.

11.7.4.2. Introducción a la problemática del caso

La región montañosa del estado de Río de Janeiro, ubicada en el Sudeste de Brasil, se caracteriza por condiciones locales (*i.e.,* geológicas, geomorfológicas y climatológicas) que favorecen la inestabilidad de taludes (Dourado *et ál.,* 2012). A esta situación se suman otras condiciones adversas, como el uso y ocupación de las laderas —tanto urbano formal como informal—, así como la deforestación, que propician escenarios de desastres. Al igual que en otros lugares, los desastres causados por deslizamientos en esta región se deben principalmente a la falta de la gestión del riesgo en planificación urbana y de preparación de las instituciones involucradas en la prevención y respuesta frente a este tipo de eventos.

Históricamente, en esta región han sucedido desastres debido a deslizamientos causados por la ocupación inapropiada del suelo a partir de la década de 1950 (Freitas *et ál.,* 2012; Guerra *et ál.,* 2007). En enero de 2011, ocurrió el que se considera como uno de los mayores desastres por inestabilidad de laderas en Brasil en los últimos años (Brasil, 2012). De acuerdo con un estudio realizado por el Banco Mundial (2012), siete municipios de la región registraron pérdidas que llegaron aproximadamente a 2,03 millones de dólares, lo cual derivó en efectos importantes en los sectores sociales, en la infraestructura y de tipo productivo y ambiental. Se registraron 918 muertos, 8.795 personas sin refugio y 22.604 desplazados (Freitas *et ál.,* 2012). No hay precisión acerca del número de desaparecidos, pero se estima que pudieron ser aproximadamente 350 personas (Brasil, 2012).

11.7.4.3. Descripción del caso

Después del desastre de 2011, a nivel local, con recursos estatales, se tomaron varias medidas para mejorar la estructura de las ciudades. Se realizaron obras de ingeniería y se impulsó la reforestación y recomposición de la

vegetación para reducir la posibilidad de deslizamientos e inundaciones (Neheren *et ál.,* 2014). También desde el punto de vista institucional se han impulsado múltiples proyectos, dentro de los cuales es importante destacar la creación, a nivel federal, del Centro Nacional de Monitoreo y Alertas de Desastres Naturales (CEMADEN), que se ha caracterizado no solamente por hacer seguimiento de las condiciones del tiempo, sino también por realizar un abordaje integrado e interdisciplinario del riesgo, incluyendo aspectos de meteorología, geociencias, hidrología, y también de la vulnerabilidad.

Como resultado del desarrollo interinstitucional detonado por el desastre, se impulsaron nuevos proyectos piloto para las ciudades con mayor número de eventos históricos, como Petrópolis y Nova Friburgo, municipios de la región Serrana de Río de Janeiro. Estos municipios participaron del proyecto Gides (Fortalecimiento de la Estrategia Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres), apoyado directamente por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y desarrollado por el Ministerio de las Ciudades, el CEMADEN, el Servicio Geológico de Brasil y el Centro Nacional de Gestión del Riesgo y Desastres. El objetivo del proyecto fue llevar a cabo la cartografía de áreas, observación y vigilancia, planificación urbana, respuesta y reconstrucción, con el propósito de lograr una gestión integrada del riesgo de desastres por inestabilidad de taludes. Además del Gobierno federal, también se tuvo la participación efectiva de los gobiernos estatales y municipales a lo largo de toda su ejecución.

En el periodo de 2013 a 2017, se realizaron continuamente reuniones entre los participantes del Gobierno federal, se llevaron a cabo múltiples visitas de campo a los municipios y se realizaron seminarios de intercambio entre técnicos de Brasil y Japón. En lo relacionado con la cartografía de áreas de amenaza, vigilancia y alertas, se probaron metodologías durante la etapa piloto, involucrando técnicos de los municipios y de los estados y expertos de los dos países (JICA, 2018). Entre los resultados tangibles, se destacan: el desarrollo de una metodología de cartografía de áreas de amenaza por deslizamientos, que considera aspectos topográficos y estadísticos (CPRM, 2018); una mejor articulación entre los niveles de alerta y las acciones de respuesta en los tres niveles de gobierno (SEDEC, 2018); la elaboración de un sistema hasta entonces inexistente para Brasil para la observación y vigilancia de la amenaza por deslizamientos, basado en el método antes mencionado (CEMADEN, 2018), y la formulación de directrices para la planificación urbana municipal, considerando la susceptibilidad de deslizamientos (MCid, 2018). En resumen, el ejemplo del proyecto Gides ilustra la importancia de los enfoques multisectoriales e interdisciplinarios para la gestión del riesgo de desastres como medida de adaptación frente el escenario futuro de un clima cambiante. En mayo de 2017, el proyecto Gides recibió un diploma de distinción en el marco del Premio Sasakawa como reconocimiento a la contribución en la gestión del riesgo derivado de la amenaza por inestabilidad de laderas en Brasil (UNISDR, 2017b).

11.7.4.4. Limitaciones e interacciones

En general, los proyectos interinstitucionales que se impulsaron después del desastre de 2011 han orientado parte de sus esfuerzos a contar con sistemas de observación, vigilancia y alerta con el objetivo de salvar vidas y minimizar los daños materiales durante situaciones de emergencia. Con el uso de sirenas y el servicio de mensajes cortos (SMS, *Short Message Service*), por ejemplo, se ha buscado, para cuando sea necesario, facilitar la evacuación oportuna de la población expuesta.

En la ciudad de Río de Janeiro se implementó, desde 2011, un sistema de este tipo que cuenta con 102 sirenas localizadas en las zonas propensas a deslizamientos. El citado Sistema de Alerta y Alarma Comunitario de Lluvias Fuertes utiliza altavoces y sirenas que se activan a partir de ciertos valores críticos de precipitación, de acuerdo con protocolos establecidos para el efecto por la Defensa Civil de Río de Janeiro (2011). Los mensajes de alerta se reproducen constantemente entre las seis de la mañana y las diez de la noche; solo en casos extraordinarios la emisión se realiza fuera de ese lapso. Una vez evacuada la población de las zonas de peligro, esta debe dirigirse a albergues o refugios previamente identificados. Una experiencia similar ha sido implementada en la cuenca del arroyo Dantas, en Nova Friburgo, en el estado de Río de Janeiro, un área que fue altamente afectada por deslizamientos en enero de 2011 (Freitas *et ál.,* 2012).

De acuerdo con las investigaciones realizadas, se considera que, en general, la interacción de las sirenas con la población ha sido positiva. Sin embargo, todavía hay resistencia de la población a evacuar sus viviendas cuando se presentan situaciones de emergencia. La baja participación se atribuye, principalmente, al temor de los habitantes de dejar sus casas solas y que puedan ser saqueadas, a la poca organización de los albergues temporales y a la escasa confianza que se tiene en las instituciones públicas de Río de Janeiro (Melo *et ál.,* 2017). En Nueva Friburgo, los residentes han sido indiferentes al sistema allí implantado, pues en la práctica no reconocen que viven en un área de peligro y permanecen en sus casas aun cuando se activan las sirenas (Ximenes *et ál.,* 2017).

En ambos casos, en Río de Janeiro y en la cuenca del arroyo Dantas, el fracaso del sistema de sirenas se atribuye a la forma como este sistema ha sido implementado, particularmente por no haber involucrado de forma apropiada a los habitantes; por ejemplo, en la selección participativa de los sitios para los albergues (Melo *et ál.,* 2017; Ximenes *et ál.,* 2017; Freitas y Coelho Netto, 2016). Esta situación ilustra que para que un sistema de alerta tenga éxito es necesario promover un proceso o estrategia de adaptación ascendente, que facilite y estimule la participación social desde su concepción hasta su implementación y funcionamiento. En resumen, de este proceso se ha concluido que soluciones puramente tecnocráticas son usualmente ineficientes como medidas de adaptación, razón por la cual

deben asociarse con procesos de interacción con la comunidad, que promuevan su participación en todas las etapas de este tipo de proyectos.

En contraste, un ejemplo de organización autónoma en la observación, vigilancia y alerta se ha identificado también en la cuenca del arroyo Dantas. Los residentes del barrio Cardinot, en la parte alta de la cuenca, se comunican con los demás vecinos, alertándoles de las fuertes lluvias que se presentan en la parte alta. Esta red de comunicación se conformó a lo largo de dos décadas por iniciativa de algunos líderes comunitarios. Cuando se presentaron las lluvias de enero de 2011, la comunicación entre estos pobladores posibilitó la evacuación anticipada de 28 personas de las áreas de peligro. Esta experiencia se reconoció como exitosa por la Red de Gestión de Riesgo y Desastres (REGER), que viabilizó una donación a radioaficionados, un medio muy estable de comunicación durante tempestades, lo que ha posibilitado la continuidad de este sistema entre los vecinos del barrio (Ximenes *et ál.,* 2017).

Esta experiencia ilustra la importancia de promover un trabajo interinstitucional y multisectorial en todos los niveles de gobierno cuando se trata de la gestión del riesgo y, por lo tanto, de la adaptación. Esto redunda en fortalecimiento y desarrollo institucional tanto a nivel municipal y estatal como federal. Una visión integral de la problemática del riesgo facilita la efectividad del trabajo de las entidades de acuerdo con el ámbito de su competencia en el marco de una organización de múltiples actores e interesados, dentro de la cual es necesario involucrar a la comunidad para lograr una mayor gobernanza y reducir el riesgo efectivamente.

11.7.4.5. Lecciones identificadas

El problema del riesgo por deslizamientos en Brasil empezó a aumentar notablemente a medida que crecieron las ciudades y se ocuparon zonas inestables. Esto se debió a la falta de una apropiada planificación urbana que considerara la amenaza y el riesgo que este tipo de eventos representa.

Para reducir el riesgo, es necesario un enfoque integral e interinstitucional que permita definir medidas apropiadas y efectivas de reducción de la amenaza y la vulnerabilidad, de acuerdo con el ámbito de competencia de las entidades organizadas con ese propósito en cada nivel territorial.

La gobernanza del riesgo se logra en la medida en que los actores institucionales y las comunidades se integren en procesos participativos que permitan la búsqueda de soluciones que involucren a todos los interesados y generen confianza entre las partes. Visiones tecnocráticas de la gestión del riesgo pueden ser insuficientes dado que la problemática implica que las comunidades son también actoras de este tipo de procesos asociados del desarrollo.

11.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

En general, las medidas de intervención, tanto formales como autónomas, frente a la amenaza y el riesgo por inestabilidad de taludes o deslizamientos se han realizado desde siempre y sobre todo desde que el problema se ha exacerbado a medida que las ciudades se han expandido de forma inapropiada hacia zonas de ladera propensas a la inestabilidad. Estas medidas no necesariamente se han conocido, ni siquiera por parte de las entidades encargadas de enfrentar el problema, como gestión del riesgo de desastres —solo hace muy pocos años en algunos sitios— y aún menos como adaptación. La denominación como lo uno o lo otro posiblemente no tiene especial relevancia en la medida en que se logre el propósito de que estos eventos afecten menos los sistemas humanos y naturales. Por lo tanto, es deseable en el futuro evitar controversias innecesarias acerca de la denominación y hacer notar, explícitamente, que la gestión del riesgo de desastres es, sin duda, adaptación en este como en otros casos. En general, es importante admitir que, en lo local, el riesgo es la principal manera como se manifiesta el cambio climático. Por lo tanto, la gestión del riesgo desde una perspectiva integral es la mejor manera de promover la adaptación (Cardona, 2012).

Ha existido una tendencia y sesgo desafortunado de considerar que la preparación y respuesta a emergencias es la gestión del riesgo de desastres. Esto se debe a la visión reducida de varios actores políticos y sobre todo de las entidades operativas de atención de emergencias y desastres, que se han apropiado de este concepto que implica una visión más amplia, asociada a la gestión del desarrollo socioeconómico y la sostenibilidad. En realidad, la gestión integral del riesgo se focaliza no solo en el desastre, sino también en las condiciones que propician el desastre; es decir, la exposición y la vulnerabilidad (Cardona *et ál.,* 2012). La gestión del riesgo implica procesos *ex ante,* como el conocimiento del riesgo (asociado a la investigación, evaluación de las amenazas y de la vulnerabilidad, así como a la percepción e interpretación del riesgo) y la reducción o intervención del riesgo (de forma correctiva o de forma prospectiva, con el fin de modificar los factores subyacentes de los que se deriva). Obviamente, la gestión del riesgo implica acciones *ex post,* como la respuesta, la rehabilitación y la recuperación, que constituyen, en general, el manejo de desastres (*i.e.,* una vez ya ocurrido el desastre), cuyo propósito es alertar, responder y llevar a cabo procesos de reconstrucción en los cuales se debe evitar reconstruir la vulnerabilidad existente previamente al desastre (Carreño *et ál.,* 2007). De lo anterior se desprende que una buena adaptación al cambio climático es promover una efectiva gestión integral del riesgo de desastres, lo cual implica no solamente tener en cuenta los eventos climáticos, sino también de otro tipo si son relevantes, al igual que la reducción

de la vulnerabilidad frente a dichos eventos. Esto es evidente en el caso de la inestabilidad de laderas, que es una geoamenaza que depende tanto de la frecuencia como de la intensidad de las precipitaciones, como también, por ejemplo, de la actividad sísmica y del deterioro ambiental. Promover estructuras interinstitucionales de adaptación frente al cambio climático paralelas a las de gestión del riesgo no parece ser lo más apropiado debido a la posible duplicidad de funciones. El aumento de la resiliencia, fortaleciendo la institucionalidad, así como la participación de las comunidades en riesgo, que son objetivos explícitos de la gestión del riesgo, deben ser también propósitos de la adaptación. Esfuerzos para la adaptación del nivel internacional, nacional y local deberían encaminarse, en el futuro, a ampliar y fortalecer la capacidad y efectividad de la gestión del riesgo de desastres.

El riesgo es un común denominador o nexo de visiones de diferentes disciplinas y sectores, como la gestión del desarrollo, la gestión ambiental, la sostenibilidad, la adaptación al cambio climático y la propia gestión del riesgo, entre otras perspectivas (**Figura 11.18**). Una visión fragmentada de la problemática es inconveniente y contribuye a la falta de efectividad, por lo cual es deseable que en el futuro se impulse como estrategia de desarrollo, sostenibilidad, adaptación y transformación y la gestión del riesgo, y entenderla como la adaptación propiamente dicha (UNISDR, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017a; RNI, 2017; Cardona, 2019).

11.9. Conclusiones

En el caso de eventos como los deslizamientos u otros de origen climático, la gestión del riesgo de desastres y la adaptación son considerados como procesos complementarios. Sin embargo, en la medida en que se entienden como procesos integrales, interinstitucionales, multisectoriales e interdisciplinarios, estos dos procesos coinciden, pues no es muy factible hablar de adaptación frente a ese tipo de eventos sin referirse a la gestión del riesgo.

La adaptación y la gestión del riesgo se vienen realizando desde tiempo atrás y se han referenciado con denominaciones diferentes en ingeniería, planeamiento, desarrollo y otras formas de gestión institucional y comunitaria. Promover la gestión del riesgo de desastres es equivalente a promover la adaptación, aunque el riesgo por deslizamientos no se asocie al cambio climático en todos los casos.

Es inevitable admitir que puede existir una importante influencia antropogénica en la amenaza por inestabilidad de taludes debido a que la intervención humana en el entorno puede exacerbar el evento mismo. El deterioro de cuencas hidrográficas y del ambiente deriva en el aumento de dicha amenaza. También el riesgo aumenta debido a la acción antrópica por la ocupación inapropiada y la desestabilización de áreas que antes no lo eran. Por esta razón esta amenaza no solo se considera de origen natural, sino también socionatural.

El incremento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del cambio climático es un factor que amplifica la amenaza y, por lo tanto, el riesgo para los elementos expuestos. Sin embargo, dado que el aumento de esta amenaza se debe también al deterioro ambiental y la acción humana, es difícil atribuir totalmente este tipo de amenaza al cambio climático.

Existen muchas metodologías de evaluación de la amenaza y el riesgo, pero no todas son igualmente robustas y apro-

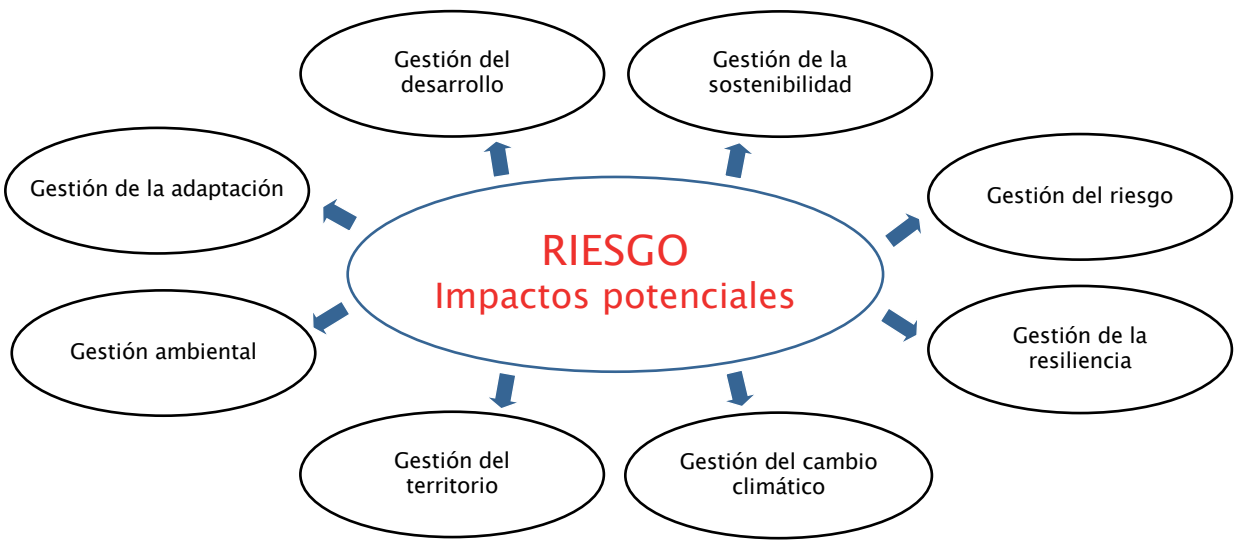


Figura 11.18. El riesgo es un común denominador o nexo de las visiones de planificación y gestión de diferentes disciplinas y sectores.
Fuente: elaboración propia a partir de UNISDR, 2017a; RNI, 2017; Cardona, 2019.

piadas para el tipo de decisiones que es necesario promover. La efectividad de la gestión integral del riesgo o de la adaptación tiene mucho que ver con el uso de información relevante y apropiada y la aplicación idónea de modelos que permitan el diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones. La trivialización del problema o el uso de información que no induce acciones claras de intervención conduce a maladaptación.

Desde el punto de vista de la adaptación planificada o descendente, el problema de la inestabilidad de laderas ha sido abordado como un asunto de ingeniería, de ordenamiento territorial y de sistemas de alerta desde tiempo atrás y con otros nombres. Evaluar apropiadamente la amenaza y el riesgo para que sirvan de determinantes del ordenamiento territorial, la reubicación de asentamientos humanos, el mejoramiento de barrios, la construcción de obras de estabilidad y control de la erosión, los seguros colectivos y la implementación de sistemas de alerta son políticas que forman parte del menú de acciones formales de gestión del riesgo y adaptación que deben promoverse.

Hay ejemplos de adaptación autónoma o ascendente frente a la amenaza por deslizamientos asociados a la manera como algunas comunidades han llevado a cabo de forma acertada terrazas escalonadas en laderas y control de aguas para evitar la inestabilidad. Los sistemas de alerta comunitarios implementados por iniciativa de habitantes de áreas susceptibles a la remoción en masa son otras de las acciones que han sido efectivas dado que han involucrado a la comunidad en la observación y vigilancia y posterior aviso a personas ubicadas en áreas propensas a la inestabilidad de laderas.

Desde el punto de vista de la política pública, la gestión del riesgo de desastres o la adaptación frente a la amenaza de inestabilidad de laderas no debe llevarse a cabo en forma fragmentada, ni de forma solamente sectorial, ni por una sola institución. Para que sea efectiva, ha de implicarse un proceso integral sin el cual son imposibles la sostenibilidad y la transformación del desarrollo. Por ello es un reto hacer que la gestión del riesgo se considere, para todos sus efectos, una estrategia de adaptación y desarrollo.

Preguntas frecuentes

1. ¿Es la gestión del riesgo de desastres, en materia de inestabilidad de laderas o deslizamientos, un proceso o conjunto de actividades de adaptación?

En el caso de eventos como los deslizamientos u otros de origen climático, en general, la gestión del riesgo de desastres y la adaptación han sido considerados procesos complementarios. Esto se debe a que existen diferentes enfoques acerca de lo que significan ambos conceptos. En la medida en que se han entendido como procesos integrales, interinstitucionales, multisectoriales e interdisciplinarios, estos dos procesos se consideran básicamente lo mismo. Por esta razón, cuando se los trata como política pública, estos dos procesos coinciden, pues no es muy factible hablar de adaptación frente a este tipo de eventos sin referirse a la gestión del riesgo. Ahora bien, estas acciones en algunos lugares se vienen realizando desde tiempo atrás y se han referenciado con denominaciones diferentes en ingeniería, planeamiento, desarrollo y otras formas de gestión institucional y comunitaria. En síntesis, promover la gestión del riesgo de desastres es equivalente a promover la adaptación, aunque el riesgo por inestabilidad de laderas, en general, no se asocie al cambio climático en todos los casos.

2. ¿Por qué la amenaza por inestabilidad de laderas o deslizamientos se considera una amenaza socionatural?

Durante mucho tiempo las amenazas han sido clasificadas como naturales, antrópicas y biológicas. Sin embargo, en algunos casos, como las inundaciones y los deslizamientos, es inevitable admitir que puede existir una importante influencia antropogénica por la intervención humana que se presenta en el entorno y que puede exacerbar el evento mismo. El deterioro de cuencas hidrográficas y del ambiente, por ejemplo, deriva en el aumento de dichas amenazas. En el caso de la inestabilidad de laderas, es bastante común que la amenaza y el riesgo aumenten a causa de la acción antrópica por la ocupación inapropiada y la desestabilización inducida de áreas que antes eran estables. Este tipo de amenaza, en general, no es considerada solamente de origen natural, sino también socionatural.

3. ¿Se puede atribuir el riesgo por inestabilidad de laderas al cambio climático?

Si los procesos de remoción en masa se deben en buena parte a la acción de las precipitaciones como detonante de los procesos de inestabilidad, se considera que el aumento de la intensidad y de la frecuencia de las precipitaciones a causa del cambio climático es un factor que aumenta la amenaza y, por lo tanto, el riesgo de los elementos expuestos frente a este tipo de eventos. Sin embargo, el aumento de la amenaza por deslizamientos también se debe, en muchas ocasiones, al deterioro ambiental y en general a la acción humana, lo que hace difícil atribuir totalmente este tipo de amenaza al cambio climático y aún más el riesgo, cuando asimismo este depende en gran parte del aumento de la vulnerabilidad. En la mayoría de los casos el riesgo es el resultado de procesos sociales y de ocupación inapropiada del territorio, lo que no siempre se debe al cambio climático.

4. ¿Cómo influye el enfoque y metodología para la evaluación del riesgo en la planificación?

En general se considera que para decidir hay que medir y lo que no es dimensionado no puede ser adminis-

trado. Existen muchas metodologías de evaluación de la amenaza y el riesgo, pero no todas son igualmente robustas y apropiadas para el tipo de decisiones que es necesario promover. La efectividad de la gestión del riesgo o la adaptación tiene mucho que ver —más de lo que usualmente se considera— con el uso de información correcta y conveniente y la aplicación idónea de modelos que permitan el diagnóstico acertado y apropiado para la toma de decisiones. La trivialización del problema o cuando los resultados no inducen acciones claras de intervención, bien soportadas, no se genera efecto alguno, y si son técnicas o métodos inapropiados, conducen a maladaptación.

5. ¿Cuáles son las principales medidas de adaptación planificada en el caso de la inestabilidad de laderas?

Desde el punto de vista institucional y desde tiempo atrás, el problema de la remoción en masa ha sido abordado como un asunto de ingeniería (cuando se hacen tratamientos de áreas inestables con obras de control de erosión y de aguas o de estabilidad) o de ordenamiento territorial (cuando la zonificación de áreas susceptibles o de amenaza se utiliza como determinante de la planificación urbana y de los usos del suelo). También hay instituciones del ámbito local, regional o nacional que promueven la puesta en marcha de sistemas de alerta frente a este tipo de eventos. Por esta razón, aunque no es generalizado, evaluar apropiadamente la amenaza y el riesgo para que sirvan de determinantes del ordenamiento territorial, la reubicación de asentamientos humanos, el mejoramiento de barrios, la construcción de obras de estabilidad y el control de la erosión, los seguros colectivos y la implementación de sistemas de alerta son políticas, programas y acciones que se deben promover en los diferentes países como acciones de gestión del riesgo y adaptación.

6. ¿Qué tipo de adaptación autónoma se conoce en el caso de la inestabilidad de laderas?

Aunque se trata de un problema que exige conocimiento en términos de ingeniería y ciencias de la tierra, hay ejemplos de adaptación de comunidades frente al problema cuando se han realizado de forma acertada terrazas escalonadas en laderas y control de aguas para evitar la inestabilidad; trabajos de este tipo son incluso técnicas que se han desarrollado a lo largo de los siglos y que actualmente se consideran un ejemplo de gestión del riesgo tradicional. Otro ejemplo, en diferentes países, lo tipifican los sistemas de alerta comunitarios, implementados por iniciativa de habitantes localizados en áreas susceptibles a la inestabilidad de laderas. Estas iniciativas son usualmente muy efectivas dado que involucran a la comunidad en la observación y vigilancia, así como también en el aviso a las personas ubicadas en áreas propensas a este tipo de eventos. Estas iniciativas han sido en ocasiones fortalecidas por ONG, gobiernos locales e instituciones de diferentes niveles territoriales.

7. ¿Es la gestión del riesgo o la adaptación una estrategia de desarrollo?

Desde el punto de vista de la política pública, la gestión del riesgo de desastres o la adaptación frente a la amenaza por deslizamientos no puede llevarse a cabo de forma fragmentada, ni de forma solamente sectorial, ni por una sola institución. Para que sea efectiva, debe implicar un proceso integral, interinstitucional, multisectorial e interdisciplinario sin el cual no es posible la sostenibilidad ni un desarrollo con transformación. Por ello, es un reto conseguir que la gestión del riesgo se considere, a todos los efectos, una estrategia de adaptación y desarrollo sostenible.

Agradecimientos

Este capítulo recibió importantes aportaciones y sugerencias de Sergio Mora Castro, Luis Gamarra, Virginia Jiménez y Dora Catalina Suárez O., quienes revisaron con detalle su contenido. Se agradecen su dedicación y sus contribuciones, que permitieron mejorar el trabajo de los autores.

Bibliografía

Aguilar, R., 2014: La reconstrucción en Guerrero no es como la «pintan», *Excelsior,* 6 de abril de 2014. Consultado el 3 de julio de 2019, https://www.excelsior.com.mx/nacional/2014/04/06/952600

Alcántara-Ayala, I., 2000: Landslides: ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones Geográficas,* Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 41, pp. 7-45.

Alcántara-Ayala, I., 2016: On the multi-dimensions of Integrated Research on Landslide Disaster Risk. En: *Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice* [Aversa, S., L. Cascini, L. Picarelli y C. Scavia (eds.)]. CRC Press, Balkema, Taylor & Francis Group, 1, pp 155-168.

Alcántara-Ayala, I., R.J. Garnica-Peña, L. Domínguez-Morales, A. González-Huesca y A. Calderón-Vega, 2017: The La Pintada landslide, Guerrero, Mexico: hints from the Pre-Classic to the disasters of modern times. *Landslides,* 14, 3, 277-291.

Alcaldía de Manizales, 2016: *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres.* Plan de Desarrollo de Manizales.

Altez, R. y Y. Barrientos, 2008: *Perspectivas venezolanas sobre riesgos: Reflexiones y experiencias,* vol. 1. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 450 pp.

Aristizabal, E. y M. Hermelín, 2010: Propuesta de zonificación del suelo para la gestión del riesgo enfocada al ordenamiento territorial. En: *Gestión y Ambiente,* 14(2), 7-16. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Banco Mundial, 2012: *Avaliação de perdas e danos: inundações e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro de 2011.* Relatório

elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, Brasil, 63 pp.

Bernal, G.A., M.A. Salgado-Galvez, D. Zuloaga, J. Tristancho, D. Gonzalez y O.D. Cardona, 2017: Integration of Probabilistic and Multi-Hazard Risk Assessment Within Urban Development Planning and Emergency Preparedness and Response: Application to Manizales, Colombia. *International Journal of Disaster Risk Science,* Springer. Consultado el 12 de febrero de 2018: DOI: 10.1007/s13753-017-0135-8C

Birkmann, J., D. Chang Seng y D.C. Suárez, 2011: Manizales, Colombia (caso de estudio). En: *Adaptive disaster risk reduction: Enhancing methods and tools of disaster risk reduction in the light of climate change,* 34-39. DKKV Publication Series 43. German Committee for Disaster Reduction, Bonn, Germany. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://www.dkkv.org/fileadmin/user_upload/Veroeffentlichungen/Publikationen/DKKV_43_Adaptive_Disaster_Risk_Reduction.pdf

Birkmann, J., O.D. Cardona, M.L. Carreño, A.H. Barbat, M. Pelling, S. Schneiderbauer, S. Kienberger, M. Keiler, P. Zeil y T. Welle, 2013a: Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Journal of Natural Hazards,* 67, 193-211. Consultado el 12 de febrero de 2018, DOI: 10.1007/s11069-013-0558-5

Birkmann, J., S.L. Cutter, D.S. Rothman, T. Welle, M. Garschagen, B. van Ruijven, B. O'Neill, B.L. Preston, S. Kienberger, O.D. Cardona, T. Siagian, D. Hidayati, N. Setiadi, C.R. Binder, B. Hughes, y R. Pulwarty, 2013b: Scenarios for vulnerability: opportunities and constraints in the context of climate change and disaster risk. *Climatic Change,* 133 (1), 53-68, Springer, DOI: 10.1007/s10584-013-0913-2

Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis y B. Wisner, 1996: *Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres.* La RED – ITDG, Tercer Mundo Editores, Bogotá, Colombia, 374 pp.

Brasil, 2012: *Anuário Brasileiro de Desastres Naturais: 2011.* Cenad, Brasília, Brasil, 82 pp.

CAF, 2000: *Las Lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998: Retos y propuestas para la Región Andina.* Seis volúmenes. Corporación Andina de Fomento.

CAF, 2018: *Enfrentar el riesgo: Nuevas prácticas de resiliência urbana em América Latina.* Corporación Andina de Fomento [Cohen, M., M. Guttman y M. Carrizosa (eds.)]. Consultado el 3 de julio de 2019, http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1416?from=caf.com

Campos, A, N. Holm-Nielsen, C. Díaz, D.M. Rubiano, C.R. Costa, F. Ramírez y E. Dickson (eds.), 2012: *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: Un aporte para la construcción de políticas públicas.* Banco Mundial, Bogotá, Colombia: 436 pp. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://documents.worldbank.org/curated/en/671321468026993367/pdf/701030ESW0P1290ESTI0N0DEL0RIESGOweb.pdf

Cárdenas, M. y M. Rodríguez (eds.), 2013: *Desarrollo económico y adaptación al cambio climático.* Fondo Nacional Ambiental, FESCOL, 221 pp.

Cardona, O.D., 1993: Manejo Ambiental y Prevención de Desastres: Dos Temas Asociados. En: *Los Desastres No son Naturales* [Maskrey, A. (comp.)]. LA RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá, Colombia.

Cardona, O.D., 2001: *Evaluación holística del riesgo utilizando sistemas dinámicos complejos.* Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. Consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.ipcc.ch/apps/njlite/srex/njlite_download.php?id=6473

Cardona, O.D., 2004a: Curriculum adaptation and disaster prevention in Colombia. En: *International Perspectives on Natural Disasters* [Stolman, J., J. Lidstone y L. De Chano (eds.)], pp. 394-408. Dordrech: Kluwer.

Cardona, O.D., 2004b: The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism for Effective Risk Management. En: *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People* [Bankoff, G., G. Frerks y D. Hilhorst (eds.)], Earthscan Publishers, London.

Cardona, O.D., 2009: *La gestión financiera del riesgo de desastres: Instrumentos financieros de retención y transferencia para la comunidad andina.* Comunidad Andina, Comisión Europea, PREDECAN, 286 pp.

Cardona, O.D., 2011: Disaster Risk and Vulnerability: Notions and Measurement of Human and Environmental Insecurity. En: *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security - Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* [Brauch, H.G., U. Oswald Spring, C. Mesjasz, J. Grin, P. Kameri-Mbote, B. Chourou, P. Dunay y J. Birkmann (eds.)]. Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, Berlin – Heidelberg – New York: Springer-Verlag.

Cardona, O.D., 2012: Un marco conceptual común para la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático: encuentros y desencuentros de una iniciativa insoslayable. En: *Perspectivas de investigación y acción frente al cambio climático en Latinoamérica* [Briones, F. (ed.)]. Número especial de Desastres y Sociedad en el marco del XX Aniversario de La RED. La Red – CIGIR, Mérida, Venezuela, 281 pp.

Cardona, O.D., 2013: *Piloto de asistencia técnica para incorporar la gestión integral de riesgos hidroclimatológicos en el ordenamiento territorial municipal: Parte I - Incorporación del riesgo en el ordenamiento territorial instructivo para el nivel municipal. Parte II -Evaluación de la amenaza frente a deslizamientos en diferentes niveles territoriales. Parte III - Evaluación de la amenaza por inundaciones con diferentes niveles de complejidad.* Plan regional integral de cambio climático región capital, Bogotá – Cundinamarca, PRICCPNUD, 187 pp. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://www.ideam.gov.co/documents/40860/609198/Policy+paper_03_Riesgo+y+ordenamiento+territorial+municipal.pdf/996c18fd-b67f-4435-9697-4ea1822bd30a?version=1.0

Cardona, O.D., 2019: Gestión del riesgo y adaptación en Manizales: Una estrategia de desarrollo para lograr que una ciudad en transición sea resiliente, sostenible y competitiva. *Medio Ambiente y Urbanización: La Ciudad Latinoamericana.* Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo IIED, América Latina, 90-91 Especial, 127-168, Argentina. Sitio web consultado el 4 de julio de 2019, https://www.ingentaconnect.com/contentone/iieal/meda/2019/00000090/00000001/art00009

Cardona, O.D., J.E. Hurtado, G. Duque, A. Moreno, A.C. Chardon, L.S. Velásquez y S.D. Prieto, 2005: *System of Indicators for Disaster Risk Management.* Program for Latin America and the Caribbean: Main Technical Report. IDB/IDEA Program on Indicators for Disaster Risk Management, Universidad Nacional de Colombia, Manizales. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018 en inglés y español, http://idea.bid.manizales.unal.edu.co/documentos/Main%20technical%20report%20IDEA.pdf; http://idea.bid.manizales.unal.edu.co/documentos/InformeTecnicoPrincipalIDEA.pdf

Cardona, O.D., J.C. Bertoni, T. Gibbs, M. Hermelin y A. Lavell, 2010: *Understanding and Managing Risk Associated with Natural Hazards: An Integrated Scientific Approach in Latin America and the Caribbean.* Science for a Better Life: Developing Regional Scientific Programs in Priority Areas for Latin America and the Caribbean. Vol. 2. ICSULAC/CONACYT, Rio de Janeiro and Mexico City, 88 pp.

Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper y B.T. Sinh, 2012: Determinants of risk: exposure and vulnerability. En: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi,

M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor y P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK y New York, NY, USA, pp. 65-108.

Cardona, O.D, M.G. Ordaz, E. Reinoso, L.E. Yamín y A.H. Barbat, 2012: CAPRA - Comprehensive Approach to Probabilistic Risk Assessment: International Initiative for Risk Management Effectiveness. En: *Proceedings of 15WCEE,* Lisbon.

Cardona, O.D. y M.L. Carreño, 2013: System of indicators of disaster risk and risk management for the Americas: Recent updating and application of the IDB–IDEA. En: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies* [Birkmann, J. (ed.)], 2.ª edición. United Nations University Press, Tokyo.

Cardona, O.D., G.A. Bernal, M.G. Mora, J.P. Londoño, M.C. Marulanda y D. Gonzalez, 2016: Probabilistic hazard and risk assessment for urban planning, financial protection and building retrofitting: The case of Manizales. En: *Proceedings of International Conference on Urban Risks.* ICUR2016, Lisbon.

Cardona, O.D., M.L. Carreño, M.C. Marulanda, A.H. Barbat, S. Saito y P. Marulanda, 2017a: Evaluación del índice de gestión del riesgo de Brasil y resultados comparativos para los países de América Latina y el Caribe. En: *Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action* [Marchezini, V., Wisner, B., Saito, S., y L. Londe, (eds.)], pp. 165-196. Editora RiMA, São Paulo. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://bit.ly/2Dy5dYA

Cardona, O.D., M.L. Carreño, M.C. Marulanda, A.H. Barbat y P. Marulanda, 2017b: Evaluación del índice de vulnerabilidad prevalente de Brasil y resultados comparativos para los países de América Latina y el Caribe. En: *Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action* [Marchezini, V., B. Wisner, S. Saito y L. Londe, (eds.)], pp. 411-427. Editora RiMA, São Carlos. Consultado 12 de febrero de 2018, http://bit.ly/2Dy5dYA

Carrara, A., M. Cardinali, F. Guzzetti y P. Reichenbach, 1995: GISbased Techniques for Mapping Landslide Hazard. *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards,* 38. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Carreño, M.L, O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2004: *Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo.* Monografía CIMNE IS-51. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Carreño, M.L., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2007: A disaster risk management performance index. *Natural Hazards,* 41(1), 1-20. Consultado 12 de febrero de 2018, https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-006-9008-y

Carreño, M.L., O.D. Cardona, A.H. Barbat, D.C. Suárez, M.P. Perez y L. Narváez, 2017: Holistic Disaster Risk Evaluation for the Urban Risk Management Plan of Manizales, Colombia. *International Journal for Disaster Risk Science,* 8(3), 258-269. Consultado 12 de febrero de 2018, https://doi.org/10.1007/s13753-017-0136-7

Carreño, M.L., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2016: The holistic evaluation of the seismic risk for Manizales, Colombia. En: *Proceedings of International Conference on Urban Risks.* ICUR2016, Lisbon.

Carrizosa, M., 2018: Manizales, Colombia, Cultura del Riesgo con «Alma Técnica». En: *Enfrentar el riesgo. Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina* [Cohen M., M. Gutman y M. Carrizosa (eds.)]. Corporación Andina de Fomento. Consultado el 12 junio de 2019, http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1416

Cemaden, 2018 (en revisión): *Manual para Elaboración, Transmisión y Uso de Alertas de Riesgo de Movimientos de Masa.* MCTIC -Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicación, Brasilia, Brasil.

CENAPRED, 2004: *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos.* Secretaría de Gobernación, México.

CENAPRED, 2017: *Reporte de Comisión, Proyecto PAT 10704: Comparación de métodos cualitativos y cuantitativos en la determinación de la estabilidad de la ladera aledaña a la comunidad de La Pintada.* Municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero.

Cervi, F., M. Berti, L. Borgatti, F. Ronchetti, F. Manenti y A. Corsini, 2010: Comparing predictive capability of statistical and deterministic methods for landslide susceptibility mapping: a case study in the northern Apennines (Reggio Emilia Province, Italy). *Landslides,* 7, 433-444.

Chardon, A.C., 2002: *Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales: El ejemplo andino de Manizales, Colombia.* Universidad Nacional de Colombia, 174 pp.

CONEVAL, 2013: *Informe de pobreza en México, 2012.* Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social – CONEVAL, México DF.

Congreso de la República de Colombia, 2018: Ley 1931 del 27 de julio de 2018, por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático. Bogotá DC.

Copons, R., J.M. Vilaplana, J. Corominas, J. Altimir y J. Amigó, 2004: Roskfall risk management in high-density urban areas. The Andorran experience. En: *Landslide Harzard and Risk* [Glade, T., M. Anderson y M. Crozier (eds.)]. John Wiley & Sons, Ltd.

Copons, R. 2010: *El risc d'esllavissades a Catalunya.* RISKCAT, 35 pp.

Corominas, J., R. Copons, J.M. Vilaplana, J. Altimir y J. Amigó, 2003: Integrated landslide susceptibility analysis and hazard assessment in the Principality of Andorra. *Natural Hazards,* 30, 421-435.

Corominas, J. y O. Mavrouli, 2010: *Overview of landslide hazards and risk assessment practices. Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies.* Safeland FP7, 138 pp.

Corpocaldas, 1998: *Manual para el control de la erosión.* Corpocaldas – INVIAS, 250 pp.

Corpocaldas, 2015: *Construcción obras de reducción del riesgo: Municipio de Manizales (año 2011).* Conjunto de diapositivas. Corporación Autónoma Regional de Caldas, Manizales, Colombia. Consultado el 12 de febrero de 2018, https://es.slideshare.net/ConcejoManizales2015/presentacin-corpocaldas-informe-gestin-de-obras-concepto-sobretasa-ambiental

Corporación OSSO, 2013: *Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe, 1990-2013.* Disponible en: https://www.unisdr.org/files/48578_impactodesastresamericalatinacaribe.pdf

Correa, O., F. García, G. Bernal, O.D. Cardona y Rodriguez, C., 2019: Early warning system for rainfall-triggered landslides based on real-time probabilistic hazard assessment. *Natural Hazards,* Springer Nature. https://doi.org/10.1007/s11069-019-03815-w

CPRM, 2018 (en revisión): *Manual de Mapeo de Amenazas y Riesgo de Movimientos Gravitacionales de Masa.* Servicio Geológico de Brasil, Brasilia, Brasil.

CRED; UNISDR, 2018: *Economic losses, poverty & disasters: 1998-2017.* Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018. https://www.preventionweb.net/publications/view/61119

Crozier, M.J. y T. Glade, 2004: Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach. En: *Landslide Hazard and Risk* [Glade, T., M. Anderson y M.J. Crozier (eds.)]. Wiley, pp 2-40.

D'Ercole, R. y M. Trujillo, 2003: *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador: Los desastres un reto para el desarrollo.* COOPI, IRD, Oxfam, 167 pp.

Defensa Civil de Río de Janeiro, 2011: *Sistema de Alerta e Alarme Comunitário para Chuvas Fortes: Capacitação de Lideranças Comunitárias.* Río de Janeiro. Consultado el 20 de diciembre de 2017, http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6061719/4159505/CARTILHAA2C204.01.11.pdf

Delgado, G.C., A. De Luca y V. Vázquez, 2015: *Adaptación y Mitigación Urbana del Cambio Climático en México.* Colección el Mundo Actual, UNAM, 278 pp.

DesInventar, 2019: *Sistema de inventario de efectos de desastres.* La RED, Corporación OSSO, UNDRR. Consultado el 3 de julio de 2019, https://www.desinventar.org/

Dourado, F., T.C. Arraes y M. D. Fernandes, 2012: O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. *Anuário do Instituto de Geociências,* 35 (2), 43-54.

EM-DAT, 2018: *The International Disaster Database.* Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, www.emdat.be

França, S., 2010: *Estudio comparativo de métodos para la evaluación de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamentos superficiales: Aplicación al Pirineo Oriental.* Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.

Freitas, C.M., M.L. Carvalho, E.F. Ximenes, E.F. Arraes y J.O.F. Gomes, 2012: Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva,* 17: 1577-1586.

Freitas, L.E. y A.L. Coelho Netto, 2016: Reger Córrego Dantas: uma ação coletiva para enfrentamento de ameaças naturais e redução de desastres socioambientais. *Ciência & Trópico,* 40(1): 165-190.

Froude, M.J. y D.N. Petley, 2018: Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.,* 18, 2161-2181, https://doi.org/10.5194/nhess-18-2161-2018

Grases, J.P., J.I. Amundaray, A. Malaver, P. Feliziani, L. Francheschi y J.C. Rodriguez, 2000: *Efectos de las lluvias caídas en Venezuela: en diciembre de 1999.* PNUD, CAF, Caracas, Venezuela, 224 pp.

Guerra, A.J.T., L.F.H. Gonçalves y P.B.M. Lopes, 2007: Evolução histórico-geográfica da ocupação desordenada e movimentos de massa no município de Petrópolis, nas últimas décadas. *Revista Brasileira de Geomorfologia,* 8(1): 35-43.

Guzzetti, F., 2006: *Landslide Hazard and Risk Assessment.* Ph.D. Thesis, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität University of Bonn, Germany, 389 pp.

Guzzetti, F., A. Modini, M. Cardinali, F. Fiorucci, M. Santangelo y K.T. Chang, 2012: Landslide inventory maps: new tools for an old problem. *Earth Sci Rev,* 112, 42-66.

Hidalgo Nunes, L., 2015: *Urbanização e desastres naturales – Abrangência América do Sur.* Instituto de Geociencias de la Universidad de Campinas.

Hungr, O., S. Leroueil y L. Picarelli, 2014: The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides,* 11, 2, 167-194.

IDEAM, 2016: Tercera comunicación nacional de cambio climático. Instituto de Estudios Ambientales, Colombia, PNUD. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://www.cambioclimatico.gov.co/resultados

INAFED, 2010: *Enciclopedia de los Municipios de México.* Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Secretaría de Gobernación, SEGOB. Consultado 12 de febrero de 2018, http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/

INEGI, 2010: Censo de Población y Vivienda 2010, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change Climate Change), 2014: *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Geneva, Switzerland, 151 pp.

JICA, 2018: *Making a Fresh Start toward a Safer Society.* Japan International Cooperation Agency, 10 (1), 4-7.

Jimenez, V., 2010: Lecciones de la reconstrucción del estado Vargas posterior al desastre de 1999. En: *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos* [López, J.L. (ed.)]. Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF), Caracas, Venezuela, 543-554.

Khazai, B., F. Bendimerad, O.D. Cardona, M.L. Carreño, A.H. Barbat y C.G. Burton, 2015: *A Guide to Measuring Urban Risk Resilience: Principles, Tools and Practice of Urban Indicators.* KIT, EMI, CAPRA, CIMNE, GEM, Manila, The Philippines. Consultado 12 de febrero de 2018, http://emi-megacities.org/?emi-publication=a-guide-tomeasuring-urban-risk-resilience-principles-tools-and-practice-of-urbanindicators

Lavell, A., 1996: Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano: Problemas y Conceptos. En: *Ciudades en Riesgo* [Fernández, M.A. (ed.)]. La RED, USAID. Lima, Perú.

Lavell, A. 2005: *La gestión local del riesgo: concepto y prácticas.* CEPREDENAC, PNUD, 101 pp.

Lavell, A. y A. Brenes (comp.), 2008: *ENOS Variabilidad Climática y el Riesgo de Desastres en las Américas: Proceso, Patrones, Gestión.* Oxfam, La RED, FLACSO, IAI. San José, Costa Rica, 370 pp.

Lavell, A., E. Mansilla, A. Chavez, O.D. Cardona y M.P Pérez, 2015: Latin America Reports. En: *Reducing relocation risk in urban areas.* The Bartlett Development Planning Unit, DPU-UCL, FLACSO. Consultado 12 de febrero de 2018, https://www.ucl.ac.uk/bartlett/development/reducing-relocation-risk-urban-areas

Londoño, J.P., 2016: *Modelización de problemas ambientales en entornos urbanos: Deslizamientos de tierra en ciudades andinas.* Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://www.tdx.cat/handle/10803/398245

López, J.L. y R. García (eds.), 2006: *Los aludes torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela.* Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF), Caracas, Venezuela, 1055 pp.

López, J.L. (ed.) 2010: *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas: Aportes científico-tecnológicos y experiencias nacionales en el campo de la prevención y mitigación de riesgos.* Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF), Caracas, Venezuela, 808 pp.

Marulanda, M.C. y O.D. Cardona, 2006: *Análisis del impacto de desastres menores y moderados a nivel local en Colombia.* Provention Consortium. Universidad Nacional de Colombia, La RED. DOI: 10.13140/RG.2.2.25305.77926

Marulanda, M.C., O.D. Cardona, M.G. Ordaz y A.H. Barbat, 2008: *La gestión financiera del riesgo desde la perspectiva de los desastres: Evaluación de la exposición fiscal de los Estados y alternativas de instrumentos financieros de retención y transferencia del riesgo.* Monografía CIMNE IS-61, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Marulanda, M.C., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2009: Robustness of the holistic seismic risk evaluation in urban centers using the USRi. *Natural Hazards,* 49, 501-516. Consultado el 12 de febrero de 2018, https://doi.org/10.1007/s11069-008-9301-z

Marulanda, M.C., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2010: Revealing the socio-economic impact of small disasters in Colombia using DesInventar database. *Disasters,* 34(2), 552-570.

Marulanda, M.C., O.D. Cardona y A.H. Barbat, 2011: Revealing the Impact of Small Disasters to the Economic and Social Development. En: *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security - Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* [Brauch, H.G., U. Oswald Spring, C. Mesjasz, J. Grin, P. Kameri-Mbote, B. Chourou, P. Dunay y J. Birkmann (eds.)]. Hexagon Series on Human and Environmental Security and Peace, Berlin - Heidelberg - New York: Springer-Verlag.

Marulanda, M.C., O.D. Cardona, M.G. Mora y A.H. Barbat, 2014: Design and implementation of a voluntary collective earthquake insurance policy to cover low-income homeowners in a developing country. *Natural Hazards,* 74, 2071-2088. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://dx.doi.org/10.1007/s11069-014-1291-4

Marulanda, M.C., O.D. Cardona, M.G. Mora y D. Gonzalez, 2015: Aseguramiento colectivo voluntario en Manizales: Evaluación del riesgo sísmico con fines de transferencia. En: *Memorias del 7.° Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica,* AIS. Universidad de los Andes, Bogotá.

Marulanda, M.C., O.D. Cardona, M.G. Mora y D. Gonzalez, 2016: Seismic risk assessment for risk transfer: The voluntary collective insurance in Manizales, Colombia. En: *Proceedings of International Conference on Urban Risks.* ICUR2016, Lisbon.

MCid, 2018: (en revisión). *Manual técnico de reducción de riesgos de desastres aplicados para planificación urbana.* MCid – Ministerio de las Ciudades, Brasilia, Brasil.

Melo, P. d. O., R.M. de Britto, T.C. Fontainha, A. Leiras, y R.A. Mello Bandeira, 2017: Evaluation of community leaders' perception regarding Alerta Rio, the warning system for landslides caused by heavy rains in Rio de Janeiro. *Natural Hazards,* 89(3): 1343-1368.

Mendes, K.C., 2014: *La reducción del riesgo de desastres en la planificación urbana: Caso de estudio – La parroquia Caraballeda en el estado Vargas, Venezuela.* Tesis de maestría, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Metternich, G., L. Hurni y R. Gogu, 2005: Remote Sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments. *Remote Sensing of Environment,* 98 (2-3), 284-303.

Mora Castro, S., 2018: *Los procesos y amenazas de la geodinámica externa en regiones tropicales y subtropicales expuestas a la sismicidad el volcanismo y las lluvias intensas.* Laboratorio de Ecología Urbana, Universidad Estatal de Distancia, Costa Rica.

Naranjo, K., E.V. Aristizabal y J.A. Morales, 2019: Influencia del ENSO en la variabilidad espacial y temporal de la ocurrencia de movimientos en masa desencadenados por lluvias en la región Andina colombiana. *Ingeniería y Ciencia,* 15, 29, 11-42. Consultado el 13 de junio de 2019, DOI: 10.17230/ingciencia.15.29.1

Narváez, L. 2015: *Recomendaciones para orientar la formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Manizales.* Programa de Gestión Integral del Riesgo de Desastres de Manizales, Universidad Nacional de Colombia, Corpocaldas.

Narváez, L., A. Lavell y G.P. Ortega, 2009: *La Gestión del Riesgo de Desastres: Un Enfoque Basado en Procesos.* Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima, Perú.

Neheren, U., K. Sudmeier-Rieux, S. Sandholz, M. Estrella, M. Lomarda y T. Guillén, 2014: *The ecosystem-based disaster risk reduction case study and exercise source book.* CNRD/PEDRR, 98 pp.

NOTIMEX, 2014: *La Pintada cumple la instrucción presidencial de ser mejor: Sedatu,* 26 de mayo de 2014. Consultado el 3 de julio de 2019, http://www.cronica.com.mx/notas/2014/835631.html

Olson, G., 2013: Peña: Comienza la reconstrucción. *Excelsior,* 22 de septiembre de 2013. Consultado el 3 de julio de 2019, https://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/09/22/919734

Pivetta, M., 2016: Cincuenta años de calamidades en América del Sur. *Pesquisa FAPESP.* Disponible en: https://revistapesquisa.fapesp.br/50-anos-de-calamidades-na-america-do-sul/

Pérez, M.P., 2007: *El impacto de las acciones de mitigación sobre los deslizamientos: El costo-beneficio de invertir en reducción como mejor opción.* Tesis de maestría, Universidad del Valle and Tulane University, Cali, Colombia.

PNUD, 2005: *Guardianas de la Ladera: Una estrategia preventiva y de generación de ingresos a grupos vulnerables desde la Alcaldía de Manizales. Colombia Experiencia 6.* Lecciones aprendidas y sistematización de buenas prácticas. PNU-La RED, ECHO. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc301/doc301_1.pdf

PNUD, 2007: *Capitales Andinas 2007: catálogo de instrumentos de gestión municipal para la reducción de riesgos y preparativos ante emergencias.* Proyecto regional de reducción de riesgos en capitales andinas, Bogotá, Caracas, La Paz, Lima, Quito. PNUD. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1269/doc1269.htm

PREDECAN, 2009a: *Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres. 20 experiencias.* Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN), Lima, Perú, 22 fascículos. Consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.desenredando.org/public/varios/2009/2009_PREDECAN_Lavell_Gestion%20Local%20del%20Riesgo.pdf

PREDECAN, 2009b: *La gestión local del riesgo en una ciudad andina: Manizales, un caso integral, ilustrativo y evaluado.* Experiencias significativas de desarrollo local frente a los riesgos de desastres, Colombia 2. Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN), Lima, Perú, 40 pp. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://idea.manizales.unal.edu.co/publicaciones/reportes_meteorologicos/red_manizales/documentos_y_publicaciones/otras_publicaciones/publicacion1.pdf

PROCUENCA, 2019: *Proyecto de forestal para la cuenca del río Chinchiná.* Página web editada por última vez el 20 de septiembre de 2019, https://es.wikipedia.org/wiki/PROCUENCA

Remondo, J., J. Bonachea y A. Cendrero, 2005: A statistical approach to landslide risk modeling at basin scale: From landslide susceptibility to quantitative risk assessment. *Landslides,* 2, 321-328.

RNI, 2017: Risk Nexus Initiative. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://iihs.co.in/rni/the-initiative/

SEDEC, 2018 (en revisión): *Manual para Planes de Contingencia de Riesgos de Movimientos de Masa.* Centro Nacional de Gestión de Riesgos y Desastres (Cenad), Brasilia, Brasil.

Selby, M.J., 1993: *Hillslope materials and processes,* 2.ª edición. Oxford University Press, Oxford.

SGC, 2016: *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa.* Servicio Geológico Colombiano, 179 pp.

SGC, 2017: *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa a escala 1:25.000.* Servicio Geológico Colombiano, 217 pp.

Soeters, R. y C. van Westen, 1996: Slope instability recognition, analysis and zonation. En: *Landslides, investigation and mitigation* [Turner, A.K. y R.L. Schuster (eds.)]. Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, USA, pp 129-177.

Suárez, J. (2009): *Deslizamientos. Análisis Geotécnico,* vol. 1, 1.ª edición. Universidad Industrial de Santander. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://www.erosion.com.co/libros.html

Terzaghi, K., 1950: Mechanisms of landslides, *Geol. Soc. Am.,* Berkeley Volume, pp. 83-123.

UNGRD, 2012: Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Bogotá, Colombia. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://www.ifrc.org/docs/idrl/1057ES.pdf

UNDRR, 2019: *Disasters statistics.* Sitio web consultado del 3 de julio de 2019, https://www.preventionweb.net/collections/disasterstatistics

UNISDR, 2009: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2009).* Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.unisdr.org/we/inform/publications/9413

UNISDR, 2011: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2011).* Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.unisdr.org/we/inform/publications/19846

UNISDR, 2013: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2013).* Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2013

UNISDR, 2015: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2015).* Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.unisdr.org/we/inform/publications/42809

UNISDR, 2017a: *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction,* GAR ATLAS 2017. Sitio web consultado el 12 de febrero de 2018, https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/atlas/

UNISDR, 2017b: *2017 UN Sasakawa Award for Disaster Risk Reduction Jury Report.* Consultado 12 de febrero de 2018, http://www.unisdr.org/files/53433_juryreport19may2017.pdf

Van Westen, C.J., 2000: The modelling of landslide hazards using GIS. *Surveys in Geophysics,* 21, 241-255.

Vargas, R.A. y R. Sáenz, 2015: *Guía de integración de la gestión del riesgo de desastres y el ordenamiento territorial municipal.* UNGRD. Consultado el 12 de febrero de 2018, http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20746/Guia_Integracion_GRD_OT.pdf?sequence=14&isAllowed=y

Viand, J. y F. Briones (comp.) 2015: *Riesgos al sur: Diversidad de riesgos de desastres en Argentina.* La RED, 318 pp.

Vilaplana, J.M. y B. Payas, 2008: *Els riscos naturals a Catalunya. RISCAT,* Generalitat de Catalunya, 75 pp.

Wilches-Chaux, G., 2007: *¿Qu-ENOS pasa? Guía de La RED para la gestión radical de riesgos asociados con el fenómeno ENOS.* La RED, Oxfam, IAI, 144 pp.

Wilches-Chaux, G., 2008: *La gestión del riesgo de desastres hoy: Contextos globales, herramientas locales.* Naciones Unidas, EIRD, IDRC, 214 pp.

Wisner, B., P. Blaikie, T. Cannon e I. Davis, 2004: *At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters.* Routledge, London, New York, 471 pp.

Wymann von Dach, S., F. Bachmann, I. Alcántara-Ayala, S. Fuchs, M. Keiler, A. Mishra y E. Sötz (eds.), 2017a: *Vida y medios de subsistencia más seguros en las montañas: Cómo lograr que el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres trabaje para el desarrollo sostenible de las regiones de montaña.* Centro para el Desarrollo y el Medio Ambiente (CDE), Universidad de Berna, Bern Open Publishing (BOP), Berna, Suiza, 78 pp. Consultado el 12 de febrero de 2018, https://boris.unibe.ch/99068/13/24NOV_Vidas_y_medias_de_subsistencia_m %C3 %A1s_seguros_en_las_monta %C3 %B1as.pdf

Wymann von Dach, S., F. Bachmann, I. Alcántara-Ayala, S. Fuchs, M. Keiler, A. Mishra y E. Sötz (eds.), 2017b: *Safer lives and livelihoods in mountains: Making the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction work for sustainable mountain development.* Bern, Switzerland, Centre for Development and Environment (CDE), University of Bern, with Bern Open Publishing (BOP), 78 pp., DOI: 10.7892/boris.99068

Ximenes, E.F., R. Montezuma y A.M. Sato, 2017: Gestão participativa de riscos de desastres: o sistema de alerta e alarme de base comunitária do Cardinót, Nova Friburgo, RJ. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento,* 1, 3904-3916.

12

Incendios forestales

Bibiana Bilbao (Venezuela), Lara Steil (Brasil), Itziar R. Urbieta (España), Liana Anderson (Brasil), Carlos Pinto (Bolivia), Mauro E. González (Chile), Adriana Millán (Argentina), Rodrigo de Moraes Falleiro (Brasil), Ernesto Morici (Argentina), Verónica Ibarnegaray (Bolivia), Diego R. Pérez-Salicrup (México) y José Miguel Pereira (Portugal), José M. Moreno (España).

Se recomienda citar este texto como:

Bilbao, B., L. Steil, I.R. Urbieta, L. Anderson, C. Pinto, M.E. Gonzalez, A. Millán, R.M. Falleiro, E. Morici, V. Ibarnegaray, D.R. Pérez-Salicrup, J.M. Pereira y J.M. Moreno 2020: Incendios forestales. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 459-524, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo **462**

12.1. Introducción **463**

12.1.1. Marco conceptual del capítulo 463

12.1.2. Principales cifras del sector o sistema 465

12.1.2.1. Distribución espacial de los incendios en países RIOCC 465

12.1.2.2. Tendencias temporales de los incendios en los países RIOCC 468

12.1.2.3. Relaciones entre cambio climático e incendios 468

12.1.2.4. Previsiones futuras de cambio de los patrones de incendios 472

12.2. Componentes del riesgo **473**

12.2.1. Componentes del riesgo según el tipo de vegetación 473

12.2.2. Los huracanes como causa de vulnerabilidad a los incendios 475

12.2.3. Cambios en el uso del suelo 475

12.2.4. Interfaces urbano-rurales 475

12.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos **476**

12.3.1. Riesgo de incendios forestales por países 476

12.3.1.1. Brasil 476

12.3.1.2. Bolivia 479

12.3.1.3. Argentina 480

12.3.1.4. Paraguay 480

12.3.1.5. Chile 481

12.3.1.6. México 481

12.3.1.7. Países de Centroamérica y del Caribe 481

12.3.1.8. Región andina de Colombia, Perú y Ecuador 482

12.3.1.9. Península Ibérica: España y Portugal 483

12.3.2. Seguridad alimentaria e incendios 483

12.3.3. Salud e incendios 484

12.4. Medidas de adaptación al riesgo de incendios en los países RIOCC **484**

12.4.1. Opciones de adaptación al riesgo de incendios en los países RIOCC 484

12.4.2. Actividades de adaptación planificada 485

12.4.2.1. Escala supranacional 485

12.4.2.2. Escala nacional y subnacional: planes nacionales de adaptación y mitigación de incendios 486

12.4.2.3. Escala subnacional y local: ejemplos exitosos de adaptación 487

12.4.3. Actividades de adaptación autónoma 487

12.4.3.1. Manejo tradicional indígena del fuego 487

12.4.3.2. Otras iniciativas autónomas 488

12.5. Barreras, oportunidades e interacciones **488**

12.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación **489**

12.7. Casos de estudio **489**

12.7.1. Evaluación de escenarios de riesgo y gestión forestal después de los incendios de Alvares (Portugal) 489

12.7.1.1. Síntesis 489

12.7.1.2. Introducción 491

12.7.1.3. Descripción del caso ... 491
12.7.1.4. Limitaciones e interacciones ... 492
12.7.1.5. Lecciones identificadas ... 492
12.7.2. Cambios en la gestión pública después de los megaincendios de Chile (2017) ... 492
12.7.2.1. Síntesis ... 492
12.7.2.2. Introducción ... 492
12.7.2.3. Descripción del caso ... 493
12.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 494
12.7.2.5. Lecciones identificadas ... 494
12.7.3. Manejo comunitario del fuego en el Bosque Seco Chiquitano y la Amazonia de Bolivia ... 494
12.7.3.1. Síntesis ... 494
12.7.3.2. Introducción ... 494
12.7.3.3. Descripción del caso ... 495
12.7.3.4. Limitaciones e interacciones ... 497
12.7.3.5. Lecciones identificadas ... 497
12.7.4. Manejo Integral del Fuego en Tierras Indígenas de Brasil: la experiencia del Centro Especializado Prevfogo ... 497
12.7.4.1. Síntesis ... 497
12.7.4.2. Introducción ... 497
12.7.4.3. Descripción del caso ... 498
12.7.4.4. Limitaciones e interacciones ... 499
12.7.4.5. Lecciones identificadas ... 499
12.7.5. Nuevos paradigmas del manejo integral del fuego en el Parque Nacional Canaima, Venezuela. Investigación-acción participativa para la integración de saberes indígenas y conocimiento científico y técnico institucional ... 499
12.7.5.1. Síntesis ... 499
12.7.5.2. Introducción ... 500
12.7.5.3. Descripción del caso ... 500
12.7.5.4. Limitaciones e interacciones ... 501
12.7.5.5. Lecciones identificadas ... 501
12.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias ... 501
12.9. Conclusiones ... 503
Preguntas frecuentes ... 504
Agradecimientos ... 506
Bibliografía ... 506
Anexo del Capítulo 12: Tablas ... 517

Resumen ejecutivo

El fuego es inherente a buena parte de los ecosistemas terrestres, y sus impactos pueden ser positivos o negativos, dependiendo de la acción humana. El fuego está asociado al uso del paisaje y sus sistemas productivos. Ciertos ecosistemas precisan del fuego para su estabilidad (p. ej., sabanas, encinares o pinares de ciertas áreas de los países RIOCC). Muchas comunidades indígenas y rurales dependen de él para su supervivencia. Sin embargo, los cambios en la ocurrencia del fuego en términos de ubicación, extensión, frecuencia, intensidad y severidad, generados directa o indirectamente por la acción humana, pueden conllevar incendios diferentes de lo esperable en un régimen natural, provocando severos impactos sobre los ecosistemas y los bienes y servicios que prestan, la biodiversidad, la capacidad de sumidero de gases de efecto invernadero o los medios de producción y economías nacionales.

A pesar de que algunos estudios demuestran una reducción en el número de fuegos y áreas por él afectadas en las últimas décadas a distintas escalas, incluida la escala mundial, diversas regiones de áreas naturales, rurales y de interfaz urbano-rural de los países RIOCC han registrado un mayor número de incendios, de mayor duración, extensión y severidad, estando asociados en parte al cambio climático y a los patrones del uso del fuego por causas humanas. Aunque existen variaciones en la región, la temporada de incendios se está alargando y haciendo más seca y severa. Esto, aunado al incremento de asentamientos humanos en la interfaz urbano-rural y a la deficiente gobernanza del fuego, está contribuyendo a eventos de incendios forestales que exceden las capacidades actuales de su manejo y control.

Pocos países RIOCC cuentan con sistemas robustos de monitoreo de incendios (a excepción de España, Portugal, Brasil, México y Chile) y menos aún de sus impactos. Resulta imprescindible invertir en monitoreo ambiental, social y económico, especialmente en regiones poco estudiadas. El monitoreo permite prevenir posibles efectos catastróficos y a la vez medir la efectividad de las medidas implantadas, en términos de disminución de los riesgos y de maximizar el efecto sumidero de nuestros bosques y ecosistemas silvestres o gestionados, dado que muchos de los países de la región cuentan con ellos en sus políticas de mitigación del cambio climático.

Los niveles actuales de incidencia de incendios en la región son altos a muy altos, con más de 40 millones de hectáreas quemadas anualmente, lo cual representa el 7-14 % del área quemada a nivel mundial. En su mayoría, las causas de ignición son de origen antrópico y en menor número por rayos. La actividad ganadera, el cambio de uso del suelo a través de la deforestación y la pérdida de conocimiento tradicional del uso del fuego en actividades agrícolas son las principales causas antrópicas de ignición reportadas en la región. En términos de superficie quemada, los países más afectados son Brasil y Bolivia (4 % de sus territorios, mayormente sabanas y bosques húmedos amazónicos), seguidos por Portugal (1,6 %) en la Península Ibérica. La estimación del número de incendios activos a través de registros satelitales durante el periodo 2001-2019 revela que Guatemala, Paraguay y Honduras han pasado a liderar el número de incendios por unidad de superficie terrestre en la región. Ninguno de estos países cuenta actualmente con sistemas de monitoreo efectivos, lo que dificulta la toma de decisiones.

Los bosques húmedos tropicales, subtropicales, altoandinos y andino-patagónicos, la vegetación de páramos andinos, y las plantaciones forestales en ecosistemas tropicales y mediterráneos son los ecosistemas más expuestos a incendios en Iberoamérica. Los incendios severos también incrementan la vulnerabilidad en sistemas dependientes del fuego, como sabanas y bosques abiertos de pinos y encinos. La fragmentación del paisaje por deforestación y la homogeneización de la vegetación a través de plantaciones, el aumento del material combustible debido a las políticas de exclusión del fuego y el abandono del manejo tradicional comunitario del fuego propician incendios más severos y, bajo condiciones extremas, megaincendios (casos de la Amazonia en 2010, 2015, 2016, 2019, y Chile y Portugal en 2017).

Los sectores más pobres de la sociedad, como las comunidades indígenas y rurales de Latinoamérica, la población de interfaces urbano-rurales de toda la región y los bomberos forestales constituyen los componentes más vulnerables de la sociedad a los grandes incendios. A su vez, los niños, ancianos y mujeres embarazadas resultan los más vulnerables a los efectos de contaminación atmosférica por la emisión de gases y partículas producto de la combustión de la biomasa durante un incendio, aun en sectores urbanos y rurales distantes de los focos de incendios.

A pesar de costosas inversiones en recursos humanos y alto despliegue técnico, las políticas de lucha y supresión del fuego, prevalecientes en la región, no han sido suficientemente efectivas. Aunque la exclusión y supresión puede disminuir la superficie quemada, como en el caso de España, en condiciones climáticas extremas estas políticas resultan ineficientes por su elevada complejidad técnica, altos riesgos para los combatientes y elevados costos, especialmente para países de limitados recursos en Latinoamérica. Los esfuerzos históricos de cooperación internacional hacia Latinoamérica, basados principalmente en la transferencia tecnológica y de capacitación de bomberos forestales, no están necesariamente adaptados a las condiciones socioambientales locales, e incluso pueden poner en riesgo las formas de vida de las comunidades locales, como por ejemplo, los programas de incentivos ONE-REDD+ (Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación de los bosques).

Resulta necesario y urgente contar con una nueva gobernanza del fuego, basada en medidas de adaptación, para evitar un «estado de no retorno» de las áreas naturales y rurales afectadas en la región y reducir las grandes migraciones climáticas, la morbilidad y pérdidas económicas ocasionadas por incendios catastróficos. Existen algunas iniciativas

prometedoras de cooperación regional y de intercambio de experiencias locales —p. ej., la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA) para desarrollar políticas de manejo del fuego en los países mesoamericanos; la Red Intercultural y Participativa del Manejo del Fuego (Red PARUPA) en Sudamérica—, que serían claves para el desarrollo de estrategias de adaptación a la nueva dinámica de incendios. A nivel nacional, destacan también los logros alcanzados por el programa de Manejo Integral del Fuego realizado por IBAMA/Prevfogo (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) en tierras indígenas de Brasil, contribuyendo a disminuir los incendios de gran magnitud y la superficie afectada, así como los costos de control del fuego, a través de una estrecha relación entre brigadistas y comunidades indígenas y el mantenimiento de las prácticas tradicionales de manejo del fuego, que brindan a la vez seguridad alimentaria a las poblaciones locales. Venezuela y Bolivia también han realizado importantes avances en este sentido.

Los desafíos actuales para reducir el riesgo de incendios para los países RIOCC demandan un cambio de paradigma en las políticas nacionales para la gestión de los incendios forestales. Desarrollar una nueva visión y capacidades de manejo integral, coordinado e intersectorial del fuego en lugar de solo combatirlo requiere la inclusión de múltiples perspectivas, actores y el rescate de conocimientos y prácticas adaptativas de las culturas indígenas y las comunidades que habitan los territorios rurales. Asimismo, requiere la articulación de esfuerzos entre todos los niveles del Estado y sectores de la sociedad civil, que resulten en políticas públicas coherentes con una visión integral y adaptativa en la gestión del territorio para construir paisajes y comunidades más resilientes. Esto es más apremiante aún en el contexto de un clima más severo y extremo, y, por tanto, proclive a eventos que escapen fuera de control.

12.1. Introducción

En el presente capítulo, se reúnen y analizan comparativamente por primera vez datos sobre el número, extensión, severidad y causa de los incendios que afectan a todos los países de la región RIOCC, la exposición y vulnerabilidad de las sociedades y ecosistemas ante estos eventos y las dimensiones ambientales y humanas del riesgo de incendios como consecuencia del cambio climático. Asimismo, se evalúan y se recogen experiencias sobre actuaciones en la gestión del riesgo de incendio y de adaptación al cambio climático. Se presentan varios casos de estudio donde se evalúan y describen las estrategias de adaptación implementadas en algunos países de la región, y se plantean una serie de medidas y programas de adaptación indispensables para tratar de maximizar la resiliencia socioambiental en relación con los incendios. Por incendio nos referimos a «incendio forestal» (*wildfire* o *bushfire* en inglés), que se define como la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación.

12.1.1. Marco conceptual del capítulo

En la presente sección introductoria se realizará una breve descripción de los distintos tipos de incendio, sus impactos, su vinculación con el cambio climático (y otros factores de riesgo) y su influencia en la dinámica de los ecosistemas naturales y manejados por el hombre. Asimismo, se describirán las bases que deben considerar las estrategias de adaptación efectiva (teniendo en cuenta la experiencia de los países RIOCC) para reducir los riesgos e impactos derivados de los incendios en un contexto de cambio climático.

El marco conceptual del presente capítulo se encuentra ilustrado en la **Figura 12.1**, en la que se representan: (A), situación ideal de los sistemas naturales o rurales donde no existe impacto tangible del cambio climático ni de incendios forestales, o recuperado de un estado perturbado producto de la aplicación de medidas de adaptación; (B), incidencia de incendios forestales sin manejo adecuado del fuego y bajo el efecto del cambio climático (esto podría ser el paisaje dominante bajo un escenario de cambio climático RCP 4.5) y sin aplicar medidas de adaptación (y sin un manejo adecuado del fuego), y (C), estado de no retorno (*tipping point* en inglés) cuando las medidas de adaptación ya no surten efecto en la recuperación de los ecosistemas (este estado dominante del paisaje podría darse ante un escenario de cambio climático extremo RCP 8.5 y sin medidas de adaptación previas).

Los incendios son un fenómeno natural de buena parte de los ecosistemas terrestres de todos los continentes de nuestro planeta (Bowman *et ál.,* 2009). El fuego es un componente esencial de la dinámica de muchos ecosistemas (Pausas y Keeley, 2009) y define, en el corto y largo plazo, muchas de sus características, como son la composición y abundancia de especies, las historias de vida y adaptaciones de las especies, y los patrones de crecimiento y regeneración de la vegetación, actuando también como agente modelador del paisaje (Anderson y Posey, 1989; Trabaud, 1994; Cochrane, 2009; Moreno *et ál.,* 2013; Cordeiro *et ál.,* 2014).

El fuego está asociado a la evolución de la especie humana, habiendo sido empleado desde tiempos prehistóricos en las actividades agrícolas y la formación de paisajes culturales (Mouillot y Field, 2005; Goldammer *et ál.,* 2013; Bowman *et ál.,* 2014). Se emplea también en actividades vinculadas a la agricultura y ganadería extensiva; se ha introducido para la conversión y el manejo de áreas productivas en áreas de sabanas, o en los bosques tropicales densos, como la Amazonia (Fearnside, 1990; Barlow y Pérez, 2008; Nolasco y Sanhueza, 2011; Pivello, 2011; Cochrane, 2013; Aragão *et ál.,* 2018). Actualmente, el uso del fuego permanece también integrado en las prácticas ancestrales de culturas indígenas y forma parte de las prácticas tradicionales de subsistencia, como agricultura y cacería, usadas en quilombolas (comunidades cuyo origen se remonta a la compra u ocupación de tierras por los propios sujetos para dar fin al sistema esclavista) y otras comunidades locales de las zonas tropicales y mediterráneas de Iberoamérica (Mistry *et ál.,* 2005; Eloy *et ál.,* 2018; Mistry *et ál.,* 2018; Bilbao *et ál.,* 2019).

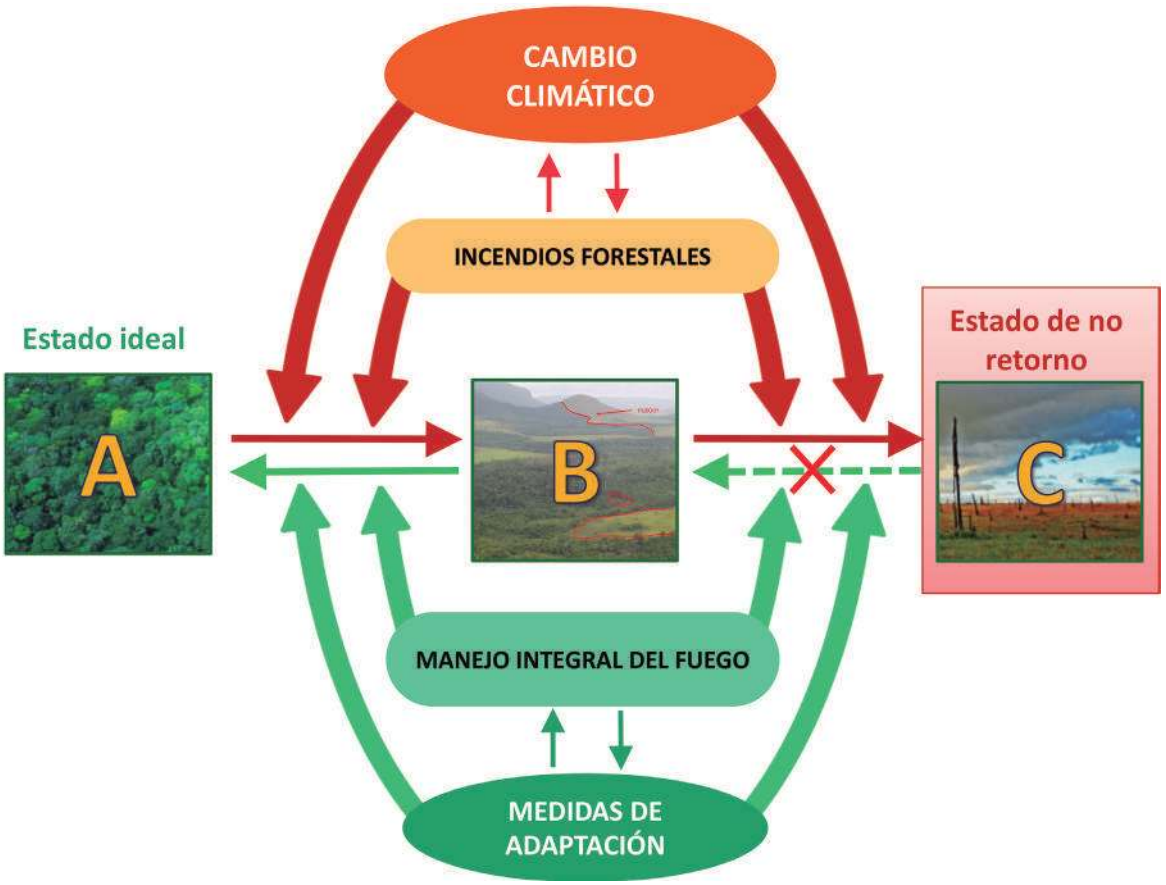


Figura 12.1. Marco conceptual del presente capítulo donde se describen los estados de transición de los ecosistemas en áreas naturales y rurales afectados por los incendios forestales y su interacción con el cambio climático, así como el efecto de las medidas de adaptación y el manejo integral del fuego. Fuente: elaboración propia.

En las últimas décadas, a pesar de que algunos estudios demuestran la reducción en el número de fuegos y áreas afectadas por él a distintas escalas, incluida la escala mundial (Turco *et ál.,* 2016; Andela *et ál.,* 2017; Urbieta *et ál.,* 2019), diversas regiones del planeta han registrado la ocurrencia de un mayor número de incendios, de mayor duración, extensión y severidad, asociada en parte al cambio climático y al cambio en los patrones del uso del fuego por causas humanas (Goldammer, 2013; Pereira *et ál.,* 2013; Magrin *et ál.,* 2014; Fernandes *et ál.,* 2016a: GFMC, 2016; IUFRO, 2018). El paradigma de lo posible lo tenemos en los incendios de Australia de 2020, cuando la extensión del área quemada en ciertos biomas excedió todo lo observado hasta entonces (Boer *et ál.,* 2020). El incremento de la temperatura promedio, asociado a condiciones de mayor duración e intensidad de las sequías, y otras anomalías climáticas, como la secuencia de eventos El Niño/La Niña, han promovido una mayor acumulación de biomasa seca y combustibilidad de la vegetación, favoreciendo la ocurrencia y propagación de megaincendios en la región, difíciles de controlar (Kitzberger *et ál.,* 2001; Jiménez-Muñoz *et ál.,* 2016; Aragão *et ál.,* 2018; Fidelis *et ál.,* 2018). Esta nueva dinámica en el régimen de incendios está generando severos impactos en los ecosistemas, la biodiversidad, la emisión de partículas y gases de efecto invernadero, afectando también a la salud y seguridad de las poblaciones y las actividades socioeconómicas de las zonas impactadas por los incendios (Hardesty *et ál.,* 2005; Cochrane, 2009; Van der Werf *et ál.,* 2010; Bowman *et ál.,* 2017).

Si bien los métodos de supresión y lucha contra incendios han contribuido a controlar o en algunos casos a reducir la incidencia y propagación de incendios a nivel local (Brotons *et ál.,* 2013; Urbieta *et ál.,* 2019), estos métodos aplicados de forma aislada resultan cada vez más limitados e inefectivos para controlar y confrontar los megaincendios, con riesgos de costos materiales, ambientales y pérdidas de vidas humanas, tanto de bomberos forestales como de pobladores de las zonas afectadas (Moritz *et ál.,* 2014; Fernandes *et ál.,* 2016b). En algunos países RIOCC ya se están llevando a

cabo planes de manejo del fuego con una visión participativa e intercultural y un abordaje integrador, con múltiples actores y de conocimientos científicos, institucionales y de comunidades locales. Estas estrategias acumulan aprendizajes que permitirán una construcción de nuevas políticas orientadas hacia un manejo integral del fuego y de carácter adaptativo que permitirán reducir los riesgos de incendios en la región (**Figura 12.1**). Varias de estas iniciativas se describirán a lo largo de este capítulo con ejemplos más en detalle en la sección de estudios de casos.

En cuanto al origen de los incendios, las causas naturales, como caída de rayos, erupciones volcánicas, terremotos, presencia de ciertos tipos de minerales en los suelos que concentran los rayos solares, se dan con mucha menos frecuencia que las antropogénicas, que son consideradas, actualmente, la causa principal de ignición en los ecosistemas terrestres. Las razones pueden ser accidentes (p. ej., fallos en los tendidos eléctricos, uso de maquinaria agrícola), negligencias (p. ej., descuido en el uso de fuego para fines agrícolas o ganaderos, mala gestión de terrenos privados) o intencionados (provocados premeditadamente por intereses diversos, como la deforestación para ampliación de las tierras de cultivo y ganadería, conflictos de tenencia de la tierra, conflictos armados, etc.) (Campo Parra-Lara, 2011). En ciertas regiones de América tropical, el origen del fuego es casi exclusivamente antrópico debido a que los eventos meteorológicos o fenómenos naturales capaces de iniciar fuegos a través de descargas eléctricas ocurren solamente durante la estación lluviosa del año, por lo que el fuego, en caso de ocurrir, no encuentra condiciones para propagarse (Bowman *et ál.,* 2011; Pivello, 2011).

Los incendios forestales son diferentes a la quema. De acuerdo con la Terminología FAO/GFMC (1999), la quema prescrita se define así: «La aplicación controlada del fuego a la vegetación en su estado natural o modificado, bajo condiciones ambientales específicas que permiten que el fuego se limite a un área predeterminada y al mismo tiempo produzca la intensidad de calor y la velocidad de propagación requeridas para lograr la gestión planificada de los recursos». La quema prescrita es usada para múltiples propósitos en las prácticas campesinas agrícolas y ganaderas, y es también la base de manejo aplicado por cuerpos de bomberos forestales y otras instituciones de conservación de sistemas naturales en el control de combustibles para evitar incendios de gran magnitud (Estelrich *et ál.,* 2005a; Rego *et ál.,* 2010; Davis, 2018).

Si bien la quema prescrita puede considerarse un tipo de quema controlada, varios autores sostienen que existen importantes diferencias entre ambas. Las quemas prescritas, por lo general, siguen una planificación y protocolos definidos, mientras que las quemas controladas son más empíricas y no siguen protocolos técnicos rigurosos (Lara Steil y Alfredo Nolasco, comunicaciones personales; Pérez-Salicrup *et ál.,* 2018; **Figura 12.2**). Sin embargo, existen cada vez mayores evidencias sobre la necesidad de seguir protocolos, calendarios y la aplicación de conocimientos sobre el manejo del fuego que implican información sobre las características ambientales y de la vegetación para lograr la efectividad de los objetivos deseados y el control de las quemas (Bilbao *et ál.,* 2019). Así, dentro de la categoría de quemas controladas se incluyen, por ejemplo, las prácticas culturales tradicionales de las comunidades indígenas o rurales para el manejo de los recursos naturales, tales como la agricultura migratoria, el manejo de pastizales para el ganado, la cacería, el manejo de especies no maderables, la limpieza de caminos, la quema cooperativa de sabanas en forma de mosaico para prevenir el avance del fuego o la reducción de combustible, entre otras (Bilbao *et ál.,* 2010; Melo y Saito, 2011; Welch *et ál.,* 2013; Ernst *et ál.,* 2015; Eloy *et ál.,* 2018; Bilbao *et ál.,* 2019) (**Figura 12.2**).

El marco conceptual planteado en el presente capítulo (**Figura 12.1**) se basa en que bajo las condiciones actuales de cambio climático y de gobernanza del fuego, los países RIOCC están expuestos a crecientes riesgos de ocurrencia de incendios catastróficos en sistemas naturales, rurales y de interfaz urbano-rural. Varias medidas de adaptación implementadas a diferentes escalas, supranacional, nacional y local, así como varias recomendaciones que se discutirán a lo largo del capítulo representan alternativas prometedoras para la adaptación de riesgos de incendios y para la preservación y restauración de los ecosistemas en la región.

12.1.2. Principales cifras del sector o sistema

12.1.2.1. Distribución espacial de los incendios en países RIOCC

Casi todos los tipos de vegetación en el mundo están expuestos a la acción del fuego. Se estima que en la actualidad el área de vegetación afectada anualmente por el fuego oscila entre 300 y 400 millones de hectáreas (Mha) (Goldammer *et ál.,* 2013; GFMC, 2016; IUFRO, 2018). La superficie afectada anualmente por incendios alcanza un promedio de 341 Mha o el 2,6 % de toda la superficie terrestre (Van Lierop *et ál.,* 2015). Esta cifra varía ligeramente según fuentes y años considerados: 327-391 Mha (Chatenoux y Peduzzi, 2013); 350 Mha (European Comission, 2005); 280-290 Mha (Roy *et ál.,* 2008).

La región iberoamericana (países RIOCC) exhibe una de las mayores incidencias de incendios forestales en el mundo (**Figura 12.3**). Así, considerando los reportes e informes sobre la incidencia de incendios de los países miembros de RIOCC, en el periodo 2001-2019, la superficie total afectada por el fuego promedio en la región representa entre un 7 % y un 14 % de toda el área quemada anualmente a nivel mundial. Estos resultados muestran también un patrón consistente respecto a los países de mayor incidencia y extensión de incendios para ese periodo, siendo los dos primeros Brasil y Bolivia, con 34,5 y 3,8 Mha de superficie

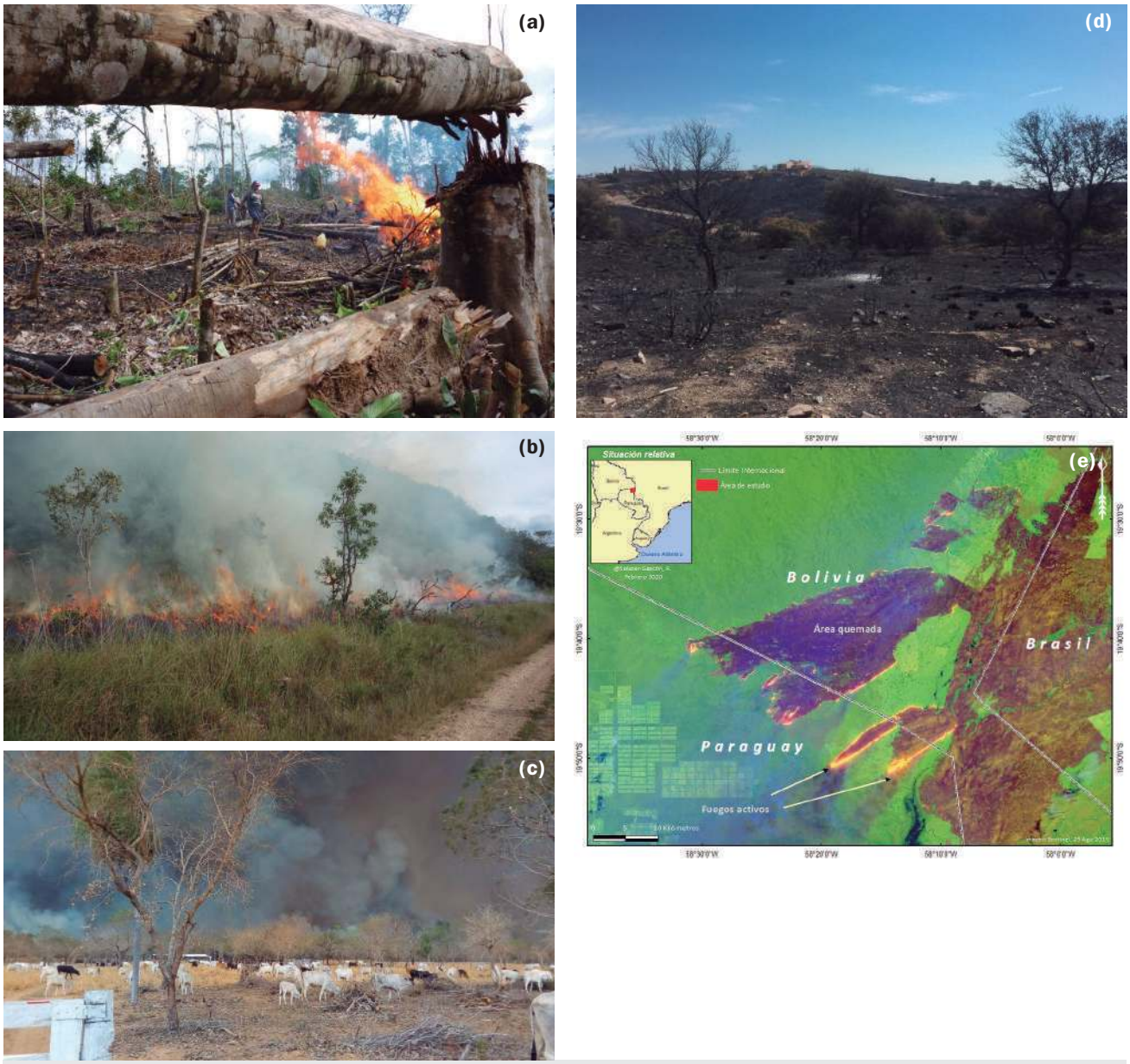


Figura 12.2. Diferentes tipos de fuego: (a) quema controlada, uso tradicional indígena pemón del fuego para el acondicionamiento de las parcelas de producción agrícola (conucos) (Fuente: fotografía de Ruth Salazar); (b) quema prescrita realizada por los brigadistas de Prevfogo-IBAMA, Brasil, en el Cerrado brasileño, territorio Quilombola, Cavalcante, GO (Fuente: fotografía Bibiana Bilbao); (c) Gran incendio ocurrido en agosto del 2019 en las inmediaciones de la estancia Madián, importante zona ganadera en áreas del Bosque Seco Chiquitano, departamento de Santa Cruz, municipio de Charagua, Bolivia (Fuente: fotografía de José Eduardo Díaz); (d) incendio de interfaz urbano-rural (1.600 ha afectadas), ocurrido el 5 de julio del 2019, en la localidad de Toledo, España (Fuente: fotografía de Itziar R. Urbieta); e) imagen Sentinel capturada el 25 de agosto del 2019 que muestra un incendio de gran magnitud que afectó al territorio fronterizo entre Bolivia, Brasil y Paraguay (Fuente: cortesía de Ruth Salazar).

promedio afectada por el fuego cada año, lo que representa el 4 % y 3,5 % de su territorio, respectivamente. Por su parte, Argentina, presenta un promedio de más de 1,0 Mha afectadas por el fuego, mientras que el resto de los países con registros presentaron valores promedio menores a 300.000 ha de áreas quemadas anualmente y menos del 1,6 % (valor correspondiente a Portugal) de la superficie total de cada país (ver **Figura 12.4**, y **Tabla 12.1** del **Anexo**).

Es importante mencionar, que de acuerdo con la **Tabla 12.1** (ver **Anexo**), pocos países de la región RIOCC (a excepción de España, Portugal, Brasil, México, Chile y más recientemente

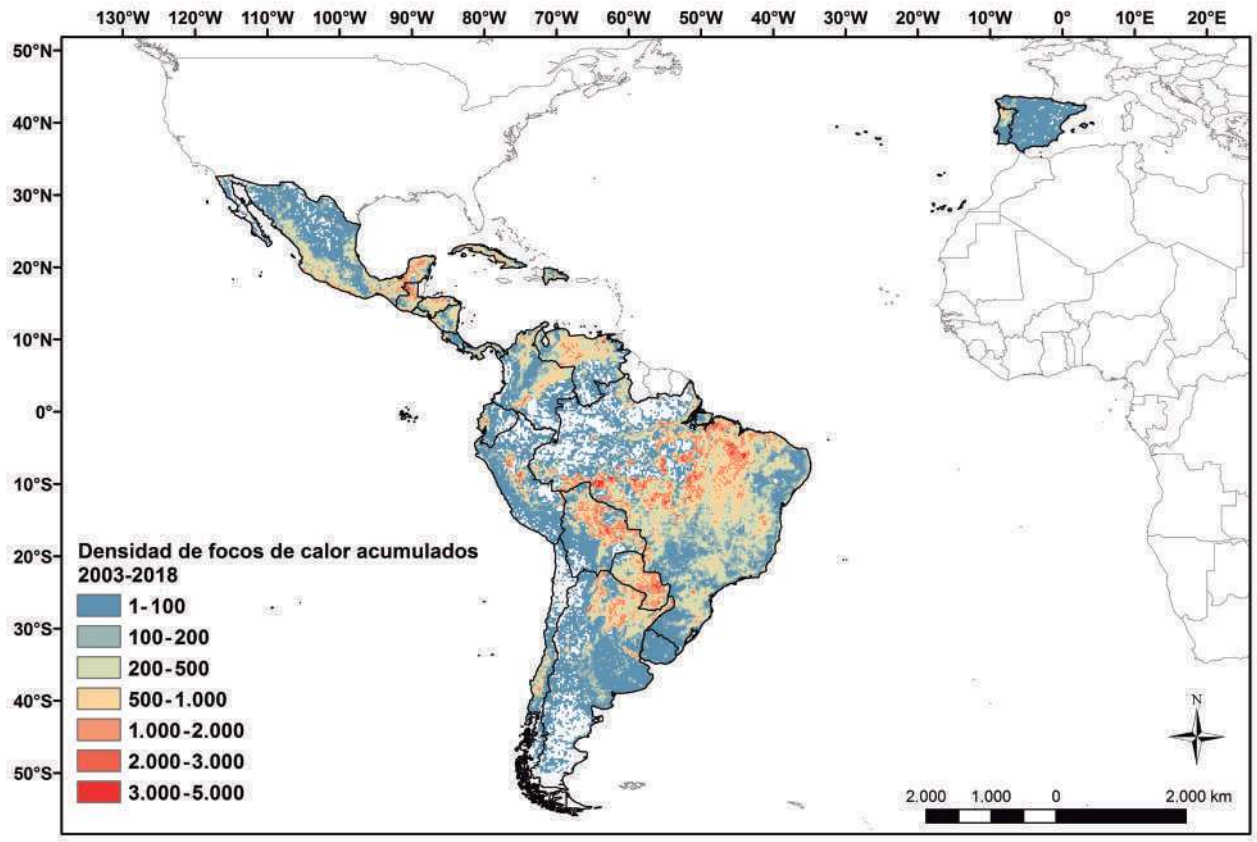


Figura 12.3. Patrón de ocurrencia y distribución de fuegos activos acumulados registrados por MODIS (FIRMS, 2019) entre 2003 y 2018 en países RIOCC Fuente: elaboración propia.

Bolivia) cuentan con sistemas apropiados de monitoreo de incendios, que incluyan un sistema de registro continuo y robusto, con el apoyo de sensores remotos (teledetección) o una fuente sistemática de información sobre las superficies afectadas por incendios. Por esa razón, y para obtener un panorama más amplio de la problemática de incendios en la región, para el presente capítulo se recopiló información sobre el número de incendios activos totales anuales registrados por el sensor MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) en el satélite *Terra* de la NASA (FIRMS, 2019) en los países RIOCC durante el periodo 2001-2019. Los resultados presentados en la **Figura 12.5.a** y en su versión de datos de número de incendios normalizados (**Figura 12.5.b**) arrojan una información muy ilustrativa. Si bien Brasil, Bolivia y Argentina continúan liderando los países con mayor número de incendios activos totales anualmente, al expresar los datos de forma relativa a la superficie de cada país (es decir, normalizados, **Figura 12.5b**), aparece Guatemala encabezando la lista con un número máximo de 2.200 10^{-6} ha^{-1} fuegos activos registrados durante el periodo 2001-2019, seguido por Paraguay, Bolivia (1.000 y 600 10^{-6} ha^{-1}, respectivamente) y Honduras. Otros dos países de Centroamérica se encuentran entre los primeros 10 lugares: El Salvador (750 10^{-6} ha^{-1}) y Nicaragua (651 10^{-6} ha^{-1}). Como se mencionó anteriormente, a excepción de Bolivia, la mayoría de estos países no realizan reportes de incendios que indiquen la forma, periodicidad, tipo de vegetación afectada, organismo responsable o representatividad de los datos de incendios. En otros casos, como Paraguay, Ecuador, Perú y Andorra, no cuentan con ningún tipo de registro oficial sobre la incidencia de incendios en sus territorios (**Tabla 12.1** del **Anexo**). La importancia de desarrollar un sistema de monitoreo fiable, sistemático y coherente entre todos los países RIOCC es fundamental para poder abordar a tiempo medidas adaptativas que permitan gestionar los riesgos de incendios y sus impactos en la región. Si bien el registro de fuegos activos no provee información tan completa como los registros de áreas quemadas, sí permite dar alertas y detectar zonas y tipo de vegetación más afectadas por la actividad de incendios. Asimismo, tal como se muestra en la **Figura 12.6,** existe una significativa correlación entre el número de incendios activos y las superficies afectadas por el fuego en los países RIOCC, por lo que el uso de esta información proveniente de la NASA (FIRMS, 2019) de forma gratuita puede ser un paso inicial en las acciones de monitoreo para los países con mayores limitaciones tecnológicas y de acceso a fondos, o

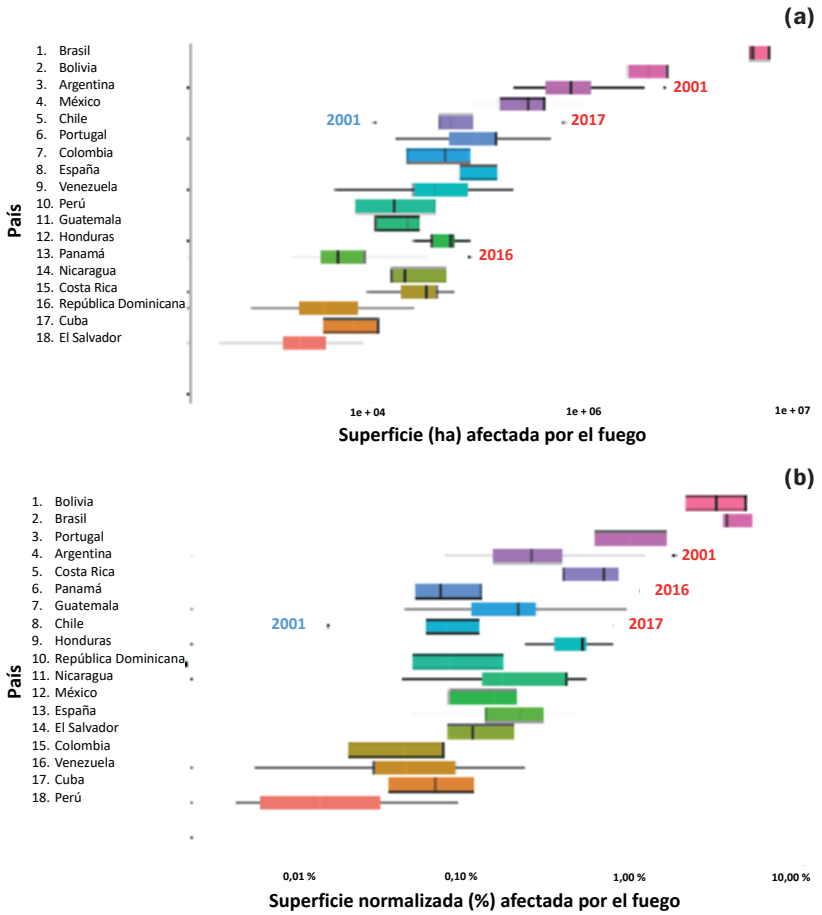


Figura 12.4. (a) Superficie anual (ha, en escala logarítmica) afectada por el fuego registrada en los países RIOCC para el periodo 2001-2019; (b) superficie anual afectada por el fuego normalizada [%, sup. afectada (ha)/sup. país (ha), en escala logarítmica] en países RIOCC durante el periodo 2001-2019. Se indican en rojo los años con los valores atípicos con mayor superficie afectada por el fuego y en azul, los valores atípicos con menor superficie afectada por el fuego. (Fuente: elaboración propia según las estadísticas reportadas por países RIOCC de acuerdo con la **Tabla 12.1** del **Anexo**).

para validar los registros de áreas quemadas de programas de monitoreo incipientes.

En cuanto al tipo de vegetación, las sabanas tropicales y subtropicales aparecen como uno de los ecosistemas más afectados por el fuego tanto a nivel global como en México, Centro y Sudamérica (Shlisky *et ál.,* 2007). Estos ecosistemas cubren aproximadamente 26,9 Mkm^2, lo que representa el 8-10 % del bioma de sabana a nivel global y el 16 % del área total del continente (Grace *et ál.,* 2006; Chuvieco *et ál.,* 2008). Asimismo, se estima que entre el 15 y 27 % de las emisiones de gases de efecto invernadero globales provienen de la quema de sabanas de Sudamérica (Schultz *et ál.,* 2008; Van der Werf *et ál.,* 2010). La **Figura 12.7** confirma esta tendencia de los ecosistemas de Brasil, para los cuales las sabanas (cerrado brasileño) representan el mayor registro de superficie de incendios por teledetección (INPE, 2019).

12.1.2.2. Tendencias temporales de los incendios en los países RIOCC

A pesar del incremento del riesgo de incendios por razones climáticas y de gobernanza del fuego, el área quemada a nivel global estimada a través de sensores remotos ha disminuido en un 24,3 ± 8,8 % en las últimas dos décadas (Andela *et ál.,* 2017). Según estos trabajos, la expansión e intensificación agrícola, especialmente en áreas de sabanas, fueron los principales impulsores de la disminución de la actividad de incendios. Sin embargo, de acuerdo con estos mismos autores, el incremento de la actividad del fuego en América tropical y subtropical debido a la deforestación y el manejo agrícola produjo un fuerte aumento de la actividad de incendios severos. De igual manera, reportan que los modelos de incendios no pudieron reproducir el patrón y la magnitud de los descensos de la actividad del fuego observados, por lo que las razones de estos patrones divergentes siguen siendo controvertidas. Las **Figuras 12.8** y **12.9** muestran las tendencias temporales de los patrones de incendios según número de fuegos activos de todos los países RIOCC en el periodo 2001-2019. Se observa que, a pesar de la clara tendencia de la disminución de acuerdo con los diferentes modelos de ajuste tanto paramétricos como no paramétricos, existe una marcada oscilación en la actividad del fuego, con una fuerte alternancia entre épocas de elevada actividad y otras en las que se da una reducción de la misma. En las siguientes secciones del presente capítulo, se abordará el análisis de cuáles serían los factores, de acuerdo con la bibliografía, que estarían determinando esta nueva dinámica del fuego en los países de la región.

12.1.2.3. Relaciones entre cambio climático e incendios

En las últimas décadas, los efectos del cambio climático en cuanto a temperatura y precipitación a nivel global han afectado el balance hídrico de algunas regiones, generando condiciones más cálidas y secas (ver **Capítulo 1** de este mismo informe). Esto ha traído como consecuencia la ampliación de las temporadas de incendios y la pérdida de humedad del material combustible (sequedad de los materiales inflama-

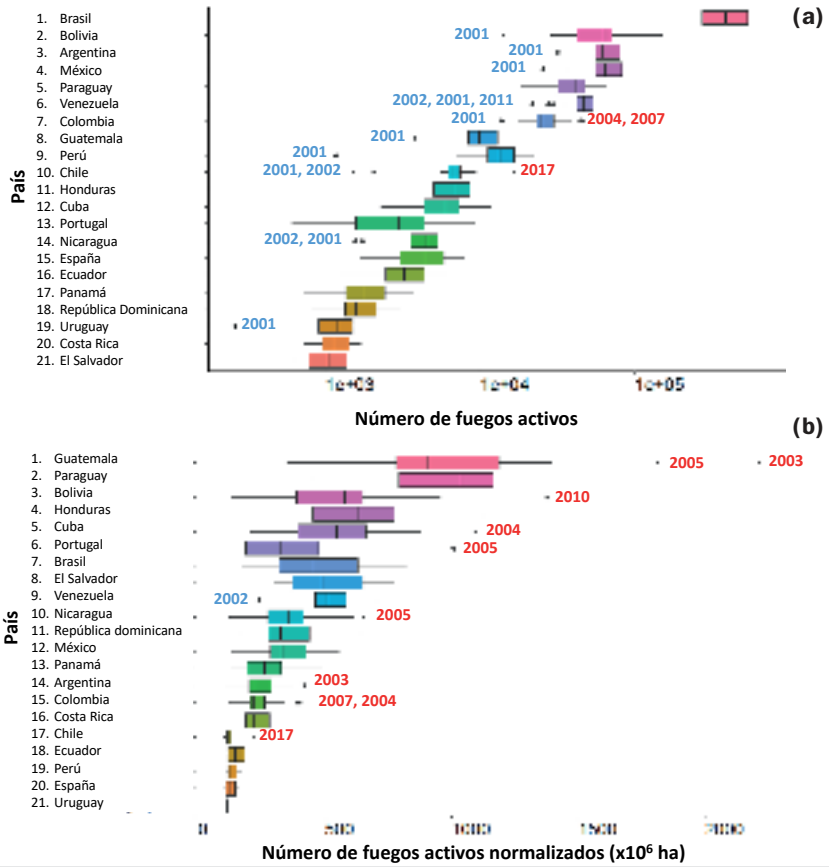


Figura 12.5. (a) Número de fuegos activos totales anuales registrados por MODIS (FIRMS, 2019) para los países RIOCC durante el periodo 2001-2019; (b) número de fuegos activos anuales normalizados (número de fuegos activos anuales/superficie de cada país x 106 ha) para los países RIOCC durante el periodo 2001-2019. Se indican en rojo los años con los valores atípicos con mayor número de fuegos activos y en azul, los valores atípicos con menor número de fuegos activos. Fuente: elaboración propia.

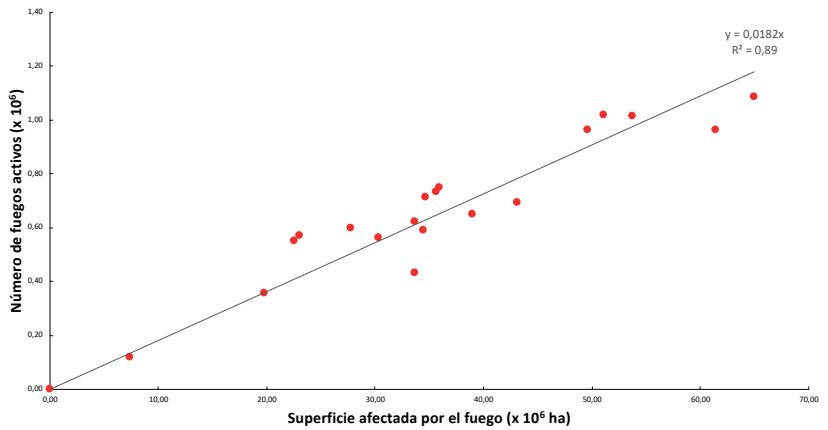


Figura 12.6. Regresión lineal entre el número de fuegos activos registrados por MODIS (FIRMS, 2019) y la superficie anual afectada por el fuego (x 106 ha) registrada en los países RIOCC (de acuerdo con la **Tabla 12.1** del **Anexo**) durante el periodo 2001-2019. Se obtuvo una correlación de Pearson positiva (0,93) y estadísticamente significativa al 95 %. Fuente: elaboración propia.

bles), incrementando la probabilidad de ocurrencia de incendios de mayor intensidad, número y extensión (Flannigan *et ál.,* 2009; Pechony y Shindell, 2010; Jolly *et ál.,* 2015). Estas condiciones generan en muchas ocasiones megaincendios de difícil control, aun con los más sofisticados equipos de extinción de incendios y el despliegue y acción de cuerpos de bomberos profesionales (p. ej., Australia) (Boer *et ál.,* 2020) (ver **Recuadro 12.1**).

En los países RIOCC se han encontrado evidencias que muestran la existencia de una relación entre el cambio climático y la ocurrencia de grandes incendios. La información recopilada en cuanto al patrón del número de fuegos activos registrados por MODIS (FIRMS, 2019) y la oscilación climática según el Índice Oceánico de El Niño (ONI por sus siglas en inglés, Golden Gate Weather Services, 2019) en el periodo 2001-2019 sugiere un patrón similar de ocurrencia (**Figura 12.10a**). El Índice Oceánico de El Niño (ONI) es el registro estándar que utiliza la NOAA (acrónimo en inglés de National Oceanic and Atmospheric Administration) para identificar eventos de El Niño (cálido) y La Niña (frío) en el Pacífico tropical. Esta correlación se hace aún más evidente (índice de correlación de Pearson positivo de 0,42, y estadísticamente significativo al 95 %) al considerar la superficie afectada por el fuego (y normalizada) reportada por los países RIOCC (**Tabla 12.1** del **Anexo**) expresada como porcentaje de la superficie total de la región (**Figura 12.10b**).

Como se desprende de estas figuras, las situaciones de falta de lluvia persistente durante las grandes sequías parecen ser propicias para los incendios. Varios estudios señalan las relaciones entre índices específicos para caracterizar la sequía y los incendios que ocurren a partir de determinados valores umbral, por encima de los cuales se produce un efecto de activación del fuego (Amatulli *et ál.,* 2013; Trigo *et ál.,* 2013; Loepfe *et ál.,* 2014). Evidencias de esta relación que determinan las probabilidades de peligro extremo y, consiguientemente, de riesgo de grandes incendios se han observado en regiones de España como Levante, 1994 (Moreno *et ál.,* 1998), Galicia, 2006 (San-Miguel-Ayanz *et ál.,* 2013), Portugal, 2003, 2005 y 2017 (Pereira *et ál.,* 2005; Turco *et ál.,*

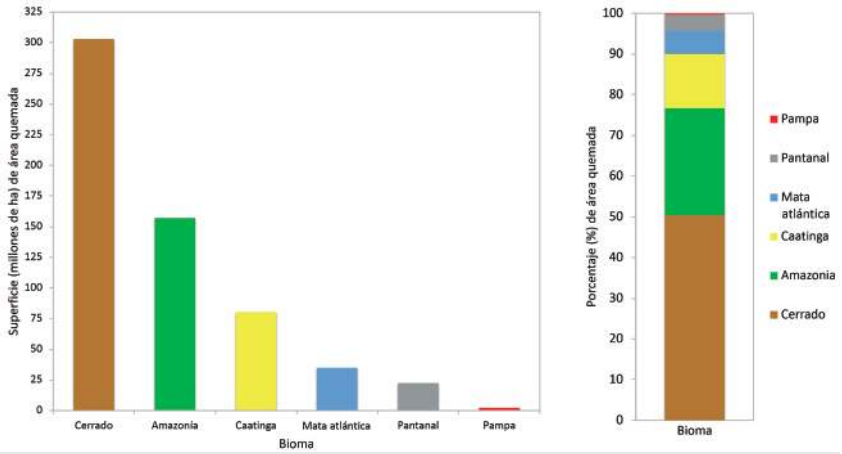


Figura 12.7. Superficie (x10^6 ha) y porcentaje (%) de áreas afectadas por el fuego de los distintos tipos de vegetación de Brasil durante el periodo 2002-2019. Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018).

como el número de meses con más de 10.000 píxeles de focos de calor detectados por los satélites) aumentó en un 36 % durante la sequía de 2015 en comparación con los 12 años anteriores (Aragão *et ál.,* 2018). Además, se demostró que, para esta región, las emisiones brutas de los incendios forestales por sí solas son más de la mitad que las de la deforestación de bosques primarios durante los años de sequía.

En Bolivia, al igual que en la Amazonia brasileña, los años de fuertes sequías se caracterizaron por la ocurrencia de incendios atípicamente intensos, debido a la mayor sequedad y acumulación de los combustibles forestales, como material leñoso caído y hojarasca. Las tendencias climáticas observadas en los últimos 50 años muestran condiciones generales más cálidas y secas en todo el país, con cambios más pronunciados durante la época seca, que aumentan el riesgo de incendio (FAN, 2015; FAN, 2019a, b). Así, el año 2010 presentó la temporada de incendios más extrema que se ha registrado en el país, con aproximadamente 6 Mha quemadas (**Figura 12.4b**), situación atribuida en parte a las condiciones generadas por las fuertes sequías y heladas que se registraron durante ese año (año de El Niño; FAN, 2015; **Figuras 12.4** y **12.10**).

En el caso de Argentina, Di Bella *et ál.* (2011) encontraron que, en la región Nordeste del país, el patrón interanual de los

2019), Perú, 2016 (Aliaga *et ál.,* 2018), Chile, 2017 (CONAF, 2017) y Paraguay, 2007 (The International Charter Space and Major Disasters, 2007).

En el caso de la Amazonia, estudios recientes, realizados por Aragão *et ál.* (2018) y Lima *et ál.* (2018), revelan que los factores climáticos se han vuelto determinantes en la ocurrencia y propagación de incendios en los últimos años. Así, a pesar de una disminución del 76 % en las tasas de deforestación en la Amazonia brasileña, la incidencia de incendios (definida

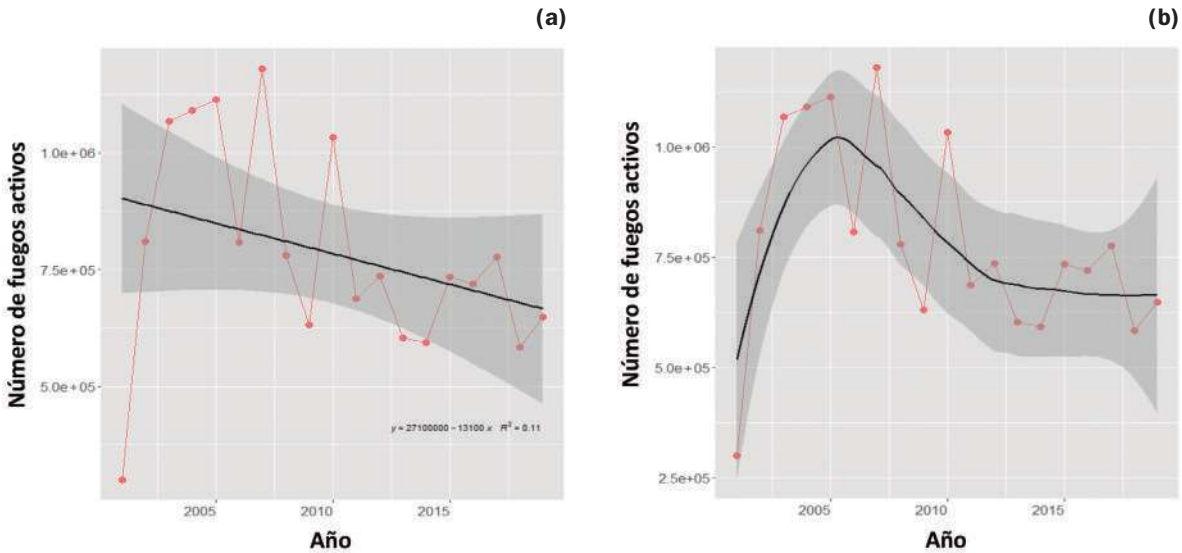


Figura 12.8. Tendencias en la ocurrencia de fuegos activos registrados por MODIS (FIRMS, 2019) en los países RIOCC durante el periodo 2001-2019: (a) regresión lineal (ecuación de la recta de mínimos cuadrados, no significativa estadísticamente al 95 %); (b) regresión no paramétrica de los mínimos cuadrados ponderados localmente (LOESS por las siglas en inglés de Locally Weighted Least Squares Regression). Fuente: elaboración propia.

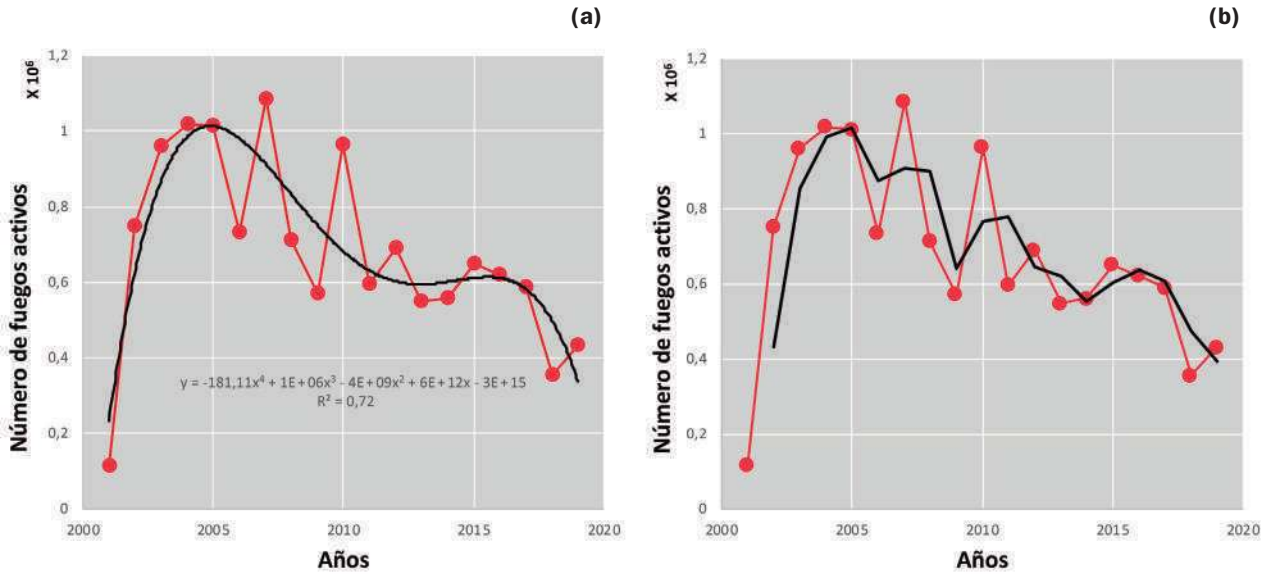


Figura 12.9. Tendencias en la ocurrencia de fuegos activos registrados por MODIS (FIRMS, 2019) en los países RIOCC durante el periodo 2001-2019: (a) regresión polinomial de cuarto grado (significativa estadísticamente al 95 %); (b) regresión de media variable (MA Model, acrónimo en inglés para *Moving-Average*). Fuente: elaboración propia.

focos de calor estaba asociado con la disponibilidad de agua durante la temporada de crecimiento previa. Así, la acumulación de biomasa (material combustible) durante temporadas más húmedas de crecimiento se tradujeron en una mayor densidad de focos de calor (mayor actividad del fuego) en el periodo posterior de sequía. Esto también se hace evidente para el patrón general de áreas quemadas y número de fuegos activos de los países RIOCC (ver **Figura 12.10**).

De igual manera, en México se observa que hay claras diferencias en la frecuencia y magnitud de los incendios entre los distintos tipos de vegetación; los años con mayor número de incendios son aquellos asociados con fenómenos de El Niño fuertes, seguidos por años de La Niña (de mayor precipitación) de mediana magnitud; esto fue particularmente así en 1987, 1998, 2014 y 2017 con 10.942, 14.445, 12.113 y 8.886 incendios, respectivamente (CONAFOR, 2018). Así, el uso de técnicas dendrocronológicas en *Pinus douglasiana* para reconstruir la historia del fuego en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), en Jalisco, en el occidente de México, demostró la relación entre la disminución de la lluvia (sequías) y la frecuencia de incendios severos, mientras los eventos de El Niño ocurridos posteriormente a eventos intensos de La Niña propiciaron condiciones favorables para la ocurrencia de incendios (Cerano-Paredes *et ál.,* 2015).

En la Península Ibérica también se han encontrado relaciones positivas entre el número de incendios, la superficie quemada y algunas variables meteorológicas, como la temperatura y la precipitación (Vázquez y Moreno, 1993; Pausas, 2004; Verdú *et ál.,* 2012; Trigo *et ál.,* 2013). Esta relación entre el clima y los incendios se encuentra mediada por los tipos de vegetación en las distintas regiones biogeográficas (Pausas y Fernández-Muñoz, 2012; Bedia *et ál.,* 2014b; Oliveira *et ál.,* 2014; Jiménez-Ruano *et ál.,* 2017). Se ha demostrado que las condiciones meteorológicas medias reinantes en la esta-

Recuadro 12.1. Megasequía e incendios en Chile

En el periodo 2010-2016, los registros meteorológicos de la región central de Chile mostraron temperaturas medias y máximas entre 0,5 y 1,5 °C por encima de la normal climatológica calculada entre 1970 y 2000, registrando también una disminución superior al 30 % en las precipitaciones y un aumento de al menos un 10 % del déficit hídrico (CR2, 2015).

En este prolongado periodo de sequía aumentó tanto el número de incendios de gran magnitud (sobre 200 ha) desde las regiones de Valparaíso hasta La Araucanía (+27 % respecto al promedio histórico) como el de la superficie afectada por el fuego (+69 %), perjudicando en su mayoría a plantaciones forestales (34 % de la superficie promedio total afectada).

Otro de los impactos de la megasequía en el régimen de fuego ha sido la prolongación de la temporada de incendios. Típicamente, esta comenzaba a fines de septiembre para terminar hacia mediados de mayo del año siguiente. Durante la última década, la temporada de incendios se ha extendido al año completo (1 de julio al 30 de junio del año siguiente). Los incendios de gran magnitud durante la sequía 2010-2014 se prolongaron en promedio 53 días adicionales por temporada, en comparación con los del periodo 1985-2009 (CR2, 2015).

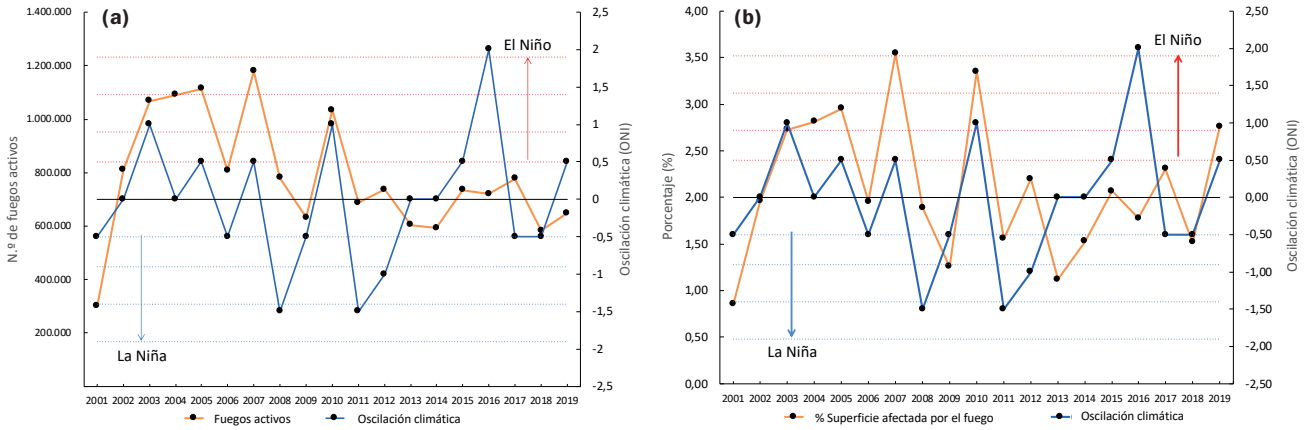


Figura 12.10. (a) Número de fuegos activos registrados por MODIS (FIRMS, 2019) en los países RIOCC y la oscilación climática según el Índice Oceánico de El Niño (ONI) en el periodo 2001-2019. Se obtuvo un índice de correlación de Pearson positivo (0,36), pero no estadísticamente significativo al 95 %; (b) superficie afectada por el fuego reportada por los países RIOCC y normalizada (% superficie total de los países RIOCC), y el Índice Oceánico de El Niño (ONI), en el periodo 2001-2019. Se obtuvo un índice de correlación positivo (0,42) y estadísticamente significativo al 95 %. Los eventos se definen como 5 periodos de 3 meses superpuestos consecutivos en o por encima de la anomalía +0,5 para eventos cálidos (El Niño) y en o por debajo de la anomalía -0,5 para eventos fríos (La Niña). El umbral se divide en eventos débiles con una anomalía de 0,5 a 0,9 °C SST (acrónimo en inglés para temperatura de la superficie del océano), moderados (1,0 a 1,4 °C SST), fuertes (1,5 a 1,9 °C SST) y muy fuertes (≥ 2,0 °C SST). Fuente: elaboración propia.

ción de incendios explican la propagación de estos eventos, mientras que las condiciones extremas determinan la gravedad de los mismos (Urbieta *et ál.,* 2015; Fernandes *et ál.,* 2016a; Russo *et ál.,* 2017; Turco *et ál.,* 2017). Al igual que en otros entornos mediterráneos de similares características, la influencia de la meteorología no se circunscribe al año en curso, encontrándose relaciones con las condiciones de la primavera previa o de años anteriores, particularmente con las precipitaciones (Pausas, 2004; Urbieta *et ál.,* 2015). Esto sugiere una interacción indirecta por la vía de la acumulación del combustible (Gouveia *et ál.,* 2012).

12.1.2.4. Previsiones futuras de cambio de los patrones de incendios

Se ha constatado que la estación de incendios está cambiando por las variaciones que están operando en las últimas décadas en el clima global (Jolly *et ál.,* 2015; IUFRO, 2018). Se estima que entre 1979 y 2013 las condiciones climáticas que favorecen el fuego prevalecieron en promedio un 18,7 % más en una cuarta parte de la superficie de la vegetación de la Tierra (29,6 Mkm^2), extendiéndose a lo largo de todos los continentes, exceptuando la Antártida (Jolly *et ál.,* 2015). Se prevé que estas condiciones empeoren, aumentando el potencial de ocurrencia del fuego desde bajo a moderado en los Estados Unidos, Asia central y el sur de Europa, y de moderado a alto en Sudamérica, el sur de África y Australia (Liu *et ál.,* 2009).

Se prevé que el clima futuro y otros cambios socioeconómicos y globales ocasionen situaciones más adversas que provoquen cambios en la estacionalidad de las lluvias y las olas de calor (Jacob *et ál.,* 2013; Pascale *et ál.,* 2016) y afecten a las épocas y situaciones de peligro que condicionan la ocurrencia de incendios (Vázquez de la Cueva *et ál.,* 2012; Pereira *et ál.,* 2013; Marcos *et ál.,* 2015). En este sentido, los días de mayor peligro de incendio podrían aumentar en un 35 % a nivel mundial en 2050, con incrementos significativos en la cuenca mediterránea europea, el hemisferio sur subtropical (costa atlántica de Brasil, sur de África y la costa este central de Australia), sudoeste de Estados Unidos y México (Liu *et ál.,* 2009; Bowman *et ál.,* 2017).

Las proyecciones multimodelo apuntan a un incremento del valor medio del (FWI Fire Weather Index o índice de peligro de incendios canadiense) en la Península Ibérica en consonancia con lo proyectado para toda la cuenca mediterránea (Bedia *et ál.,* 2014a) y a nivel global (Bedia *et ál.,* 2015, **Figura 12.11**). Un aumento de las condiciones medias del peligro de incendios podría redundar en un incremento proporcionalmente mucho mayor de su impacto como resultado de una mayor frecuencia de los incendios o de eventos extremos (Bedia *et ál.,* 2015; Sousa *et ál.,* 2015; Turco *et ál.,* 2018). El escenario de emisiones de GEI RCP 4.5, que arroja una temperatura media superior al objetivo del Acuerdo de París, anticipa anomalías importantes en todo el arco mediterráneo, excepto en las regiones montañosas, que presentan una anomalía nula (Bedia *et ál.,* 2014a), y a nivel planetario (Bedia *et ál.,* 2015). Bajo el escenario de altas emisiones RCP 8.5, las proyecciones para el último periodo de este siglo muestran fuertes anomalías positivas, indicando un dramático aumento de las condiciones de peligro de incendios (**Figura 12.11**).

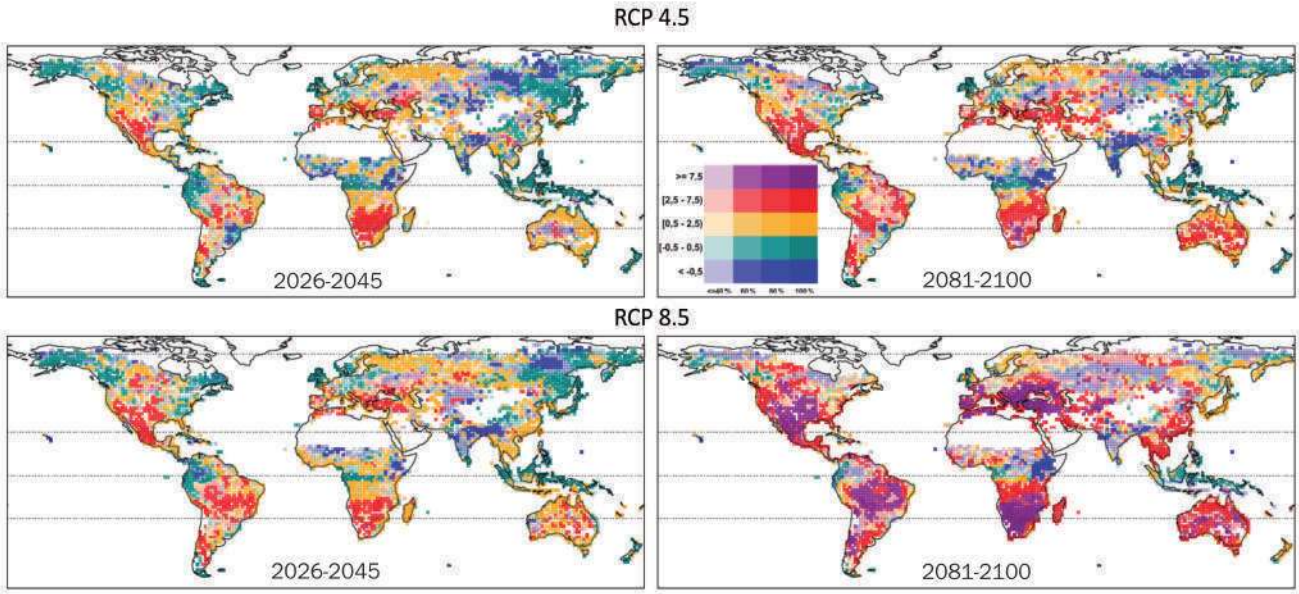


Figura 12.11. Tendencias crecientes de las anomalías estimadas del índice meteorológico de peligro de incendio canadiense (FWI, Fire Weather Index por sus siglas en inglés) en diferentes escenarios (RCP 4.5 y 8.5) y periodos (2026-2045 y 2081-2100) de acuerdo con las proyecciones estimadas por Bedia *et ál.* (2015). Los tonos de color indican la magnitud (y dirección) de las anomalías proyectadas, mientras que las intensidades de color representan el grado de coincidencia multimodal (expresado como la fracción de los modelos coincidentes).
Fuente: modificado a partir de Bedia *et ál.,* 2015.

De acuerdo con lo recientemente discutido, desde una perspectiva puramente meteorológica, la conclusión es que se espera un mayor número de incendios forestales, una temporada de incendios más larga, mayor número de incendios de alta intensidad (megaincendios), mayor consumo de combustible (es decir, más emisiones) y mayor superficie afectada por el fuego. No obstante, existe mucha incertidumbre en cuanto a los efectos del cambio climático sobre los incendios, dada la multiplicidad de factores que los controlan y su variación con la geografía, el tipo y disponibilidad de combustible, cambios en el paisaje, factores socioeconómicos, así como de la capacidad de adaptación y manejo del fuego (Oliveira *et ál.,* 2012a; Moreno y Chuvieco, 2013; Viedma *et ál.,* 2015; Fernandes *et ál.,* 2016b, Urbieta *et ál.,* 2019), lo que arroja serias dudas sobre las proyecciones futuras.

12.2. Componentes del riesgo

12.2.1. Componentes del riesgo según el tipo de vegetación

Mientras que muchos ecosistemas y sistemas de uso del suelo son dependientes y necesitan del fuego para mantenerse, como las sabanas, matorrales mediterráneos y ciertos bosques de pinos y encinos, existen otros que son altamente sensibles a la acción del fuego, como los bosques húmedos tropicales, subtropicales, altoandinos y andino-patagónicos (Hardesty *et ál.,* 2005; Myers, 2006; Shlisky *et ál.,* 2007).

Asimismo, los cambios en los usos del suelo y la modificación de las condiciones del régimen de fuego por intervención humana aumentan la susceptibilidad de la vegetación a fuegos de gran magnitud (**Figura 12.12**). Tal es el caso del paisaje de bosques de *Nothofagus* y *Araucaria* en la región de Valdivia de Chile y Patagonia argentina, sometido históricamente a fuertes presiones de explotación agrícola, ganadera y forestal desde el establecimiento de los españoles en la región. En décadas recientes la amenaza más notoria ha sido la extracción intensiva de madera en los bosques nativos y su sustitución por especies introducidas pirofíticas y de rápido crecimiento, como *Pinus radiata y Eucalyptus globulus,* en la Patagonia chilena (Díaz *et ál.,* 2018; Gómez-González *et ál.,* 2019) y por coníferas de América del Norte, como *Pinus ponderosa, Pinus contorta y Pseudotsuga menziesii,* en la Patagonia argentina (MAGyP, 2014). El resultado es que los bosques nativos aislados y fragmentados están rodeados de grandes parches de plantaciones de especies exóticas, lo que aumenta la cantidad y continuidad de material combustible, y en consecuencia crece la susceptibilidad del bosque a fuegos de rápida propagación y severidad (convirtiéndose en fuegos de superficie y de corona o copa de los árboles) (Veblen *et ál.,* 2008; Díaz *et ál.,* 2018). Este proceso ha sido más extendido y también más intensivo en la zona centro-sur

de Chile, y aparentemente no tan marcado en la argentina (Defossé *et ál.,* 2015). Así, en la región del Bío-Bío dominada por monocultivos de *Pinus radiata* (711.358 ha, que representa el 38 % de las plantaciones del país: 2.396.562 ha), la superficie quemada ascendió a 384.067 ha en un periodo de 5 años (INFOR, 2016). En el norte de la Patagonia argentina (en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut), la tasa de establecimiento de plantaciones de coníferas exóticas de rápido crecimiento se inició a finales de la década de 1990 a una tasa de 1.000 a 1.500 ha por año (Schlichter y Laclau, 1998). En esa misma época ocurrieron grandes incendios en el Parque Nacional Nahuel Huapi (NP), en Bariloche (al NE de la Patagonia argentina), afectando a un área de 14.399 ha, la mayor de cualquier temporada de incendios anterior en el registro documental de 50 años (Veblen *et ál.,* 2008). Actualmente la superficie de plantaciones asciende a 110.000 ha, principalmente en la zona más vulnerable del ecotono bosque-estepa, y representa el 9 % de las plantaciones del país (Schlichter y Laclau, 1998; Defossé *et ál.,* 2015; Estay, 2020).

La expansión de la actividad agrícola en Colombia ha ocasionado que los incendios alcancen la faja altitudinal de 3.000-4.000 m s.n.m., afectando a la vegetación del páramo andino (IDEAM, 2018). Aunque la susceptibilidad bruta del páramo a incendios es considerada muy baja por la cantidad y disposición del material combustible disponible y el grado de combustibilidad que posee (Jiménez *et ál.,* 2016), este tipo de vegetación es de muy lenta recuperación después de haberse quemado. Los ecosistemas de alta montaña andinos generan el mayor volumen de agua a nivel nacional y abastecen a muy buena parte de la población y centros de desarrollo económico del país, por lo que su deterioro disminuye la capacidad de captación de agua para uso humano. En los bosques de tierras bajas de la Amazonia, se ha demostrado que incluso 31 años después del incendio los bosques presentan aproximadamente un 25 % menos de biomasa que los bosques no quemados, principalmente por la mortalidad de los árboles (Silva *et ál.,* 2018).

En el caso de los sistemas dependientes del fuego, como las sabanas y los bosques abiertos de pinos y encinos, la exposición a incendios severos incrementa su vulnerabilidad con un fuerte impacto en su capacidad de almacenar carbono en la vegetación y materia orgánica del suelo. Por otro lado, su coexistencia en las zonas húmedas tropicales con vegetación sensible al fuego (bosque ribereño, humedales y turberas) incrementa la vulnerabilidad de estos sistemas a la acción del fuego originado en áreas de sabana (Walter y Ribeiro, 2010; Bilbao *et ál.,* 2019). Dichos ambientes, que van desde el cerrado del Brasil Central a las llanuras de Colombia y Venezuela y las sabanas de arena blanca de la Amazonia (De Carvalho y Mustin, 2017; Simon *et ál.,* 2009) se encuentran en países conocidos por sus bosques tropicales. Como tales, las sabanas están escasamente protegidas y no son valoradas para la conservación si no son principalmente áreas potenciales para la expansión de los agronegocios, sujetas a tasas de conversión mucho mayores que los bosques tropi-



Figura 12.12. Factores de riesgo de la incidencia de incendios forestales en los países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

cales (Oliveira y Hecht, 2016; De Carvalho y Mustin, 2017).

Las sabanas de tierra baja de pino caribeño nativo (*Pinus caribaea* Morelet) en Honduras también han sido afectadas por cambios antrópicos sobre el régimen de fuego natural. Los incendios son demasiado frecuentes para poder mantener los pinos a largo plazo, dado que muchas de las áreas se queman cada uno o dos años, por lo que ha disminuido la regeneración de pinos y la sobrevivencia de pinos más pequeños a lo largo de áreas extensas (Myers, 2006).

Aunque algunas especies de los ecosistemas mediterráneos presentan una serie de mecanismos que las hace resilientes al fuego (Trabaud, 1994), esta resiliencia se ve afectada por cambios en el régimen de incendios, principalmente incrementos en la frecuencia y disminución del intervalo entre incendios (Calvo *et ál.,* 2003; Eugenio y Lloret, 2006). Esto puede provocar cambios importantes en la composición y estructura de la vegetación, modificando las abundancias relativas de las especies o seleccionando conjuntos de rasgos funcionales, entre otros efectos (Lloret y Vilá, 2003; Baeza *et ál.,* 2007), más aún ante un clima cambiante (ver también Karavani *et ál.,* 2018). Dada la importante interacción entre el clima y la vegetación que determina la actividad de los incendios, cabe esperar una alteración de la cobertura vegetal en el área mediterránea debido al cambio climático. Algunos estudios apuntan a la transición del régimen de incendios actual en las áreas mediterráneas a un tipo de régimen más característico de zonas semiáridas, donde la escasez de vegetación (combustibles) reduciría el peligro de incendio (Batllori *et ál.,* 2013; Pausas y Ribeiro, 2013).

En México y Centroamérica se ha señalado el uso del fuego como principal detonador de la deforestación. Así, una buena parte de cambios en la cobertura del terreno y de la deforestación que la región experimentó en las últimas décadas del siglo pasado involucraron al fuego como herramienta premeditada para la eliminación de la vegetación (Dunbar-Irwin y Safford, 2016; Rivera-Huerta *et ál.,* 2016). En México, diversos estudios demuestran que la deforestación es originada por causas antropogénicas; los incendios apenas aportaron entre 8.839 a 36.263 ha por año en el periodo 2013-2018 de acuerdo con su intensidad y severidad (Gerencia de Manejo del Fuego-CONAFOR, 2018). Puede considerarse la superficie acumulada de 113.501 ha del periodo 2013-2018 como la contribución de incendios a la deforestación.

En el noroeste de México, existen bosques de pinos y encinos, cuyas especies presentan adaptaciones que les permiten tolerar fuegos muy frecuentes de baja severidad. En estos bosques —y sus parientes en el sudoeste de los EE. UU.— el problema es el inverso: la supresión del fuego puede llevar a elevadas cargas de combustibles y densidades elevadas de árboles. En estas condiciones, igniciones durante condiciones meteorológicas severas pueden provocar incendios de alta severidad, poniendo en riesgo la sostenibilidad de los ecosistemas. Por último, en Baja California, el chaparral existente es objeto de frecuentes quemas e incendios de baja magnitud, lo que contrasta con los incendios de gran tamaño y menos frecuentes del otro lado de la frontera, en EE. UU. (Minnich, 1983).

12.2.2. Los huracanes como causa de vulnerabilidad a los incendios

No todas las causas de vulnerabilidad al fuego se asocian a la acción antrópica. La ocurrencia de huracanes y tormentas extremas en la zona del Caribe afecta a la vegetación natural por efecto de la acción del viento, que arranca de raíz árboles de gran tamaño, lo cual incrementa el volumen de material combustible en la siguiente temporada de sequía (Rodríguez-Trejo *et ál.,* 2011). Tal es el caso de Cuba, país afectado frecuentemente por huracanes y tormentas de magnitud importante.

12.2.3. Cambios en el uso del suelo

La ocurrencia y extensión de los incendios y la vulnerabilidad asociada están ligadas a las interacciones dinámicas entre el clima y la acción humana sobre los paisajes en la cuenca mediterránea, incluyendo el efecto de la propia historia de incendios (Viedma *et ál.,* 2006; Fernandes *et ál.,* 2014). Durante la segunda mitad del siglo XX, se produjeron cambios socioeconómicos en la Europa mediterránea con un abandono de los usos tradicionales del suelo que han provocado importantes transformaciones en las zonas rurales de la cuenca Mediterránea (Lloret *et ál.,* 2002; Van Doorn y Baker, 2007; Moreira *et ál.,* 2011; Viedma *et ál.,* 2018). Las zonas menos productivas del medio rural han sido abandonadas y se han realizado reforestaciones o se han producido procesos de matorralización tanto en España (p. ej., Viedma *et ál.,* 2006) como en Portugal (p. ej., Moreira *et ál.,* 2001), lo que ha incrementado la biomasa vegetal y su continuidad en el paisaje. Al mismo tiempo, las actividades agrícolas se han concentrado en las zonas más productivas intensificándose el uso y se ha iniciado una expansión urbana en zonas rurales mediante urbanizaciones dispersas incrementando la interfaz rural-forestal y urbano-forestal (Badia-Perpinya y Pallares-Barbera, 2006; Modugno *et ál.,* 2016). El riesgo de ignición desde las zonas habitadas al medio forestal y viceversa es muy alto, lo que ha acrecentado la vulnerabilidad de las personas y estructuras urbanas (Rodrigues *et ál.,* 2014). Estas tendencias, unidas al aumento de combustible en zonas abandonadas en las décadas precedentes, pueden seguir incrementando la vulnerabilidad del paisaje en amplias zonas de la Península Ibérica.

12.2.4. Interfaces urbano-rurales

Con el aumento de la población humana y la expansión del cambio en el uso del suelo, los incendios en las interfaces vegetación-asentamientos humanos son cada vez más frecuentes. Se ha verificado que la proximidad entre los asentamientos humanos y el material combustible, tal como sucede en las zonas de interfaz urbano-rural (o urbano-forestal) don-

de las casas se entremezclan o colindan con vegetación silvestre, incrementa tanto las tasas de ignición como el riesgo para las personas y sus hogares (Radeloff *et ál.,* 2005; Argañaraz *et ál.,* 2017). El incremento del fuego en estas zonas podría estar asociado a un aumento de la población en este tipo de espacios, factores como la dispersión de las funciones urbanas y el aumento de la movilidad de las personas, contribuyendo todo ello a un número de incendios superior. Asimismo, la transformación del paisaje marginal hacia áreas agrícolas de baja calidad, pastizales y parcelas de bosque fragmentadas es potencialmente perjudicial para la fragilidad ecológica a causa de los incendios forestales (López-Goyburu y García-Montero, 2018).

12.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

En la **Figura 12.13** se presenta una caracterización de los principales riesgos asociados a los incendios forestales en el contexto del cambio climático en Iberoamérica.

12.3.1. Riesgo de incendios forestales por países

A continuación, se analiza el riesgo de incendios forestales por países, tomando en cuenta los factores de riesgo presentados anteriormente, así como los principales impactos en los ecosistemas y en la sociedad (ver **Figura 12.14**), de acuerdo con las áreas de ocurrencia de incendios.

12.3.1.1. Brasil

Este país comprende una gran diversidad de ecosistemas, que van desde el bosque húmedo tropical a la Caatinga en el Nordeste semiárido, sistemas de cerrado en la parte central del país, la Mata Atlántica, o bosques templados a lo largo de la costa en el este, y también los bosques del sur (ver mapa de distribución del **Capítulo 1** de este mismo informe). En Brasil entre el 60 y el 70 % del total de incendios ocurren en el área de cerrado (INPE, 2019). El Cerrado (término local para denominar las sabanas) es un complejo sistema de formaciones vegetales compuesto por pastizales, sabanas arboladas y bosques secos que cubre una extensión de 1.916.900 km^2, el 22 % de la superficie total de Brasil (Miranda *et ál.,* 2009; Pivello, 2011). Esta región natural limita al norte con la región de la Amazonia y al oeste y sudoeste con el Gran Chaco, respecto al cual mantiene grandes semejanzas florísticas, faunísticas y paisajísticas (más detalles, en el **Capítulo 1** de este mismo informe).

La causa natural, no mediada por la acción humana, de los incendios en áreas del Cerrado son las descargas eléctricas (Ramos-Neto y Pivello, 2000). Estas ocurren durante la estación lluviosa o durante las tormentas en las épocas de cambio de estación, por lo que, en caso de ocurrir fuegos, estos normalmente se apagan rápidamente por las lluvias. Por esta razón, hoy en día, la mayoría de los incendios en el Cerrado son de origen antrópico. No obstante, es importante resaltar que incendios episódicos naturales siempre han ocurrido en zonas de sabana y otros ecosistemas estacionalmente áridos dominados por gramíneas (p. ej., Salgado-Labouriau *et ál.,* 1997; Behling, 2003; Behling y Safford, 2010).

Los primeros registros en el Cerrado del uso del fuego por humanos datan desde 4.000 a 5.000 años. Grupos indígenas seminómadas usaban activamente el fuego para sus actividades de subsistencia, siendo una práctica extendida a la mayoría de los grupos indígenas en Brasil antes de la llegada de los europeos (Pivello, 2011; Welch *et ál.,* 2013). Con la llegada de los portugueses a Brasil, estas prácticas se vieron afectadas y, con excepción de los caboclos, nombre de uso local para referirse a los mestizos, los nuevos colonos no adoptaron el uso del fuego indígena.

Actualmente, la proliferación de incendios a lo largo del Cerrado y otras sabanas de Sudamérica (y también de la Amazonia), Centroamérica y México se asocia al uso del fuego en la implementación de agricultura y la ganadería a gran escala. Así, grandes incendios de elevada intensidad y severidad son generados para eliminar la vegetación nativa y transformarla en pastizales y plantaciones de cultivos mecanizados de granos industrializados, principalmente de soja. Después del establecimiento del cultivo, el fuego se usa solo para la quema de residuos (Ratter *et ál.,* 1997; Cochrane, 2009). En la ganadería extensiva, actividad introducida en Brasil en tiempos coloniales, se realizan quemas anuales o bienales para estimular el rebrote de pastos durante el verano, cuando la disponibilidad del forraje es limitada. La mayoría de los ganaderos no utilizan cortafuegos y por ello el fuego se extiende, convirtiéndose con frecuencia en grandes incendios. Adicionalmente, las quemas se realizan durante la estación seca, en contraste con los fuegos naturales, que ocurren en la estación lluviosa (Ramos-Neto y Pivello, 2000). Desde hace 50 años la producción de carne de ganado se realiza a gran escala, orientada a la exportación, por lo que el uso del fuego se ha intensificado (Pivello, 2011).

Otro factor detonante de grandes incendios han sido las estrategias de conservación del Cerrado, basadas en la exclusión y combate del fuego. Estas prácticas han favorecido la acumulación y homogeneización del material combustible, aumentando el riesgo de incendios severos, con una capacidad de propagación mayor que las quemas controladas asociadas a la práctica indígena (Pivello y Norton, 1996; Esterlich *et ál.,* 2005a; Bilbao *et ál.,* 2009, Pivello, 2011; Jardel-Peláez *et ál.,* 2014; Eloy *et ál.,* 2018).

La región de la Amazonia es la segunda en extensión en Brasil con respecto a la incidencia de incendios (ver **Figura 12.7**). Esta región está dominada por bosques húmedos tropicales, los cuales raramente se queman naturalmente debido a que los rayos no encuentran condiciones suficientes para la propagación del fuego, y en caso de ser iniciado, la humedad del material combustible previene su propaga-

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Cambios en la biodiversidad, la estructura, la función y los servicios ambientales de los ecosistemas.				
Extinción de especies de plantas y animales asociadas a ecosistemas vulnerables y actualmente más expuestos al fuego (bosques húmedos tropicales, subtropicales, altoandinos y andino-patagónicos).				
Sustitución de la vegetación boscosa dominada por especies leñosas nativas por vegetación pirófila o propensa al fuego (ej., sustitución de bosques húmedos tropicales por sabanas o matorrales) e invasión de especies exóticas (ej., gramíneas africanas en América).				
Pérdida de medios de vida de poblaciones nativas en zonas tradicionalmente gestionadas con fuego (áreas agrícolas, cultivos y cosechas, presas de cacería, frutales, entre otros) en áreas boscosas o interfaces bosque-sabana.				
Pérdidas debidas a incendios en explotaciones de productos forestales de bosques y plantaciones.				
Afectación de viviendas, instalaciones turísticas e infraestructuras en la interfaz rural-urbana.				
Disminución de la capacidad de captación de agua de las cuencas por eliminación de la cobertura de la vegetación debido a la alta frecuencia y/o intensidad de los incendios.				
Incremento de la sedimentación de ríos, lagos y embalses por arrastre de partículas (erosión por pérdida de los suelos) de zonas expuestas a incendios frecuentes y/o intensos.				
Disminución de la capacidad de generación de energía hidroeléctrica por sedimentación en las represas y embalses debida al arrastre de partículas de zonas frecuentemente quemadas o expuesta a incendios de gran intensidad.				
Incremento de la morbilidad y mortalidad de personas que habitan las zonas expuestas a incendios, incluso de las que viven a cierta distancia, como consecuencia de la exposición al humo.				

Figura 12.13. Principales riesgos identificados en el ámbito de los incendios forestales. *(Continúa en la página siguiente).*

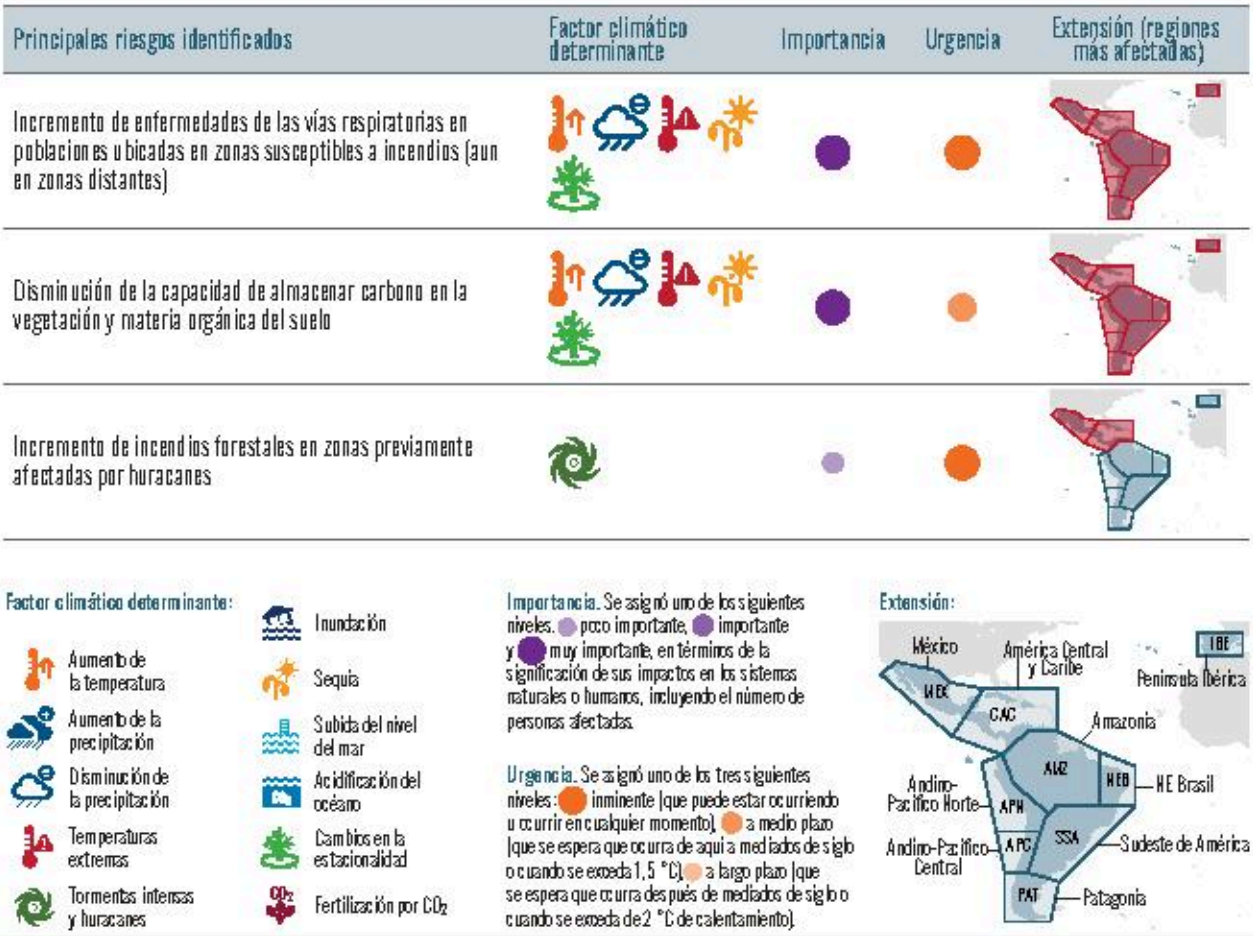


Figura 12.13. Principales riesgos identificados en el ámbito de los incendios forestales. *(Continuación).*

ción (Bowman *et ál.*, 2011). Diversos estudios revelan que, en el pasado, el intervalo de retorno del fuego en el bosque amazónico estaba comprendido entre 500 a 1.000 años, lo cual representa un indicador de la presencia humana (Bush *et ál.*, 2004; Bush *et ál.*, 2007). Estudios actuales muestran que el tiempo de retorno del fuego se ha reducido a 5-10 años en zonas de bosque (Cochrane, 2009) y de 2-3 años en pastizales para el ganado, producto de la deforestación (Fearnside, 1990). Al igual que en el Cerrado, las tasas anuales de deforestación en el Amazonas han estado estrechamente relacionadas con la incidencia anual de incendios (Aragão *et ál.*, 2008), pero con la recurrencia de sequías, esta relación se ha desacoplado (Aragão *et ál.*, 2018; Anderson *et ál.*, 2019). Fearnside (1990) reportó que desde finales de la década de 1980 en el Amazonas se habían deforestado aproximadamente 40 Mha, equivalentes al 8 % de la región amazónica, a una tasa de 3,5 Mha al año. Esta actividad produjo el 75 % de la deforestación, mientras que el 25 % restante fue producto de la actividad de pequeños agricultores. Hasta el final de la década de los años noventa, cerca de 83,7 Mha de los bosques en la región amazónica fueron deforestados, concentrados en la región conocida como «arco de deforestación», en los límites sur y este del bosque (Soares-Filho *et ál.*, 2006). Después del pico de deforestación en 2004, con aproximadamente 2,8 Mha deforestado en el año, este alcanzó valores mínimos en 2012, sin llegar a los 0,5 Mha deforestado. Sin embargo, las tasas de deforestación aumentaron entre 2013 y 2018 (INPE, 2019), elevando los riesgos de grandes incendios.

A partir de los años noventa y principios de la década de los 2000, la expansión del crecimiento económico y la demanda agroindustrial impulsaron la producción de soja mundial, estableciéndose una nueva dinámica de deforestación. Entre 2001 y 2009, Sudamérica tuvo la contribución más importante a las emisiones de carbono globales asociadas a la deforestación (37 %) por el establecimiento de pastizales o plantaciones de soja en la Amazonia brasileña, lo que representa la mayor compleción de combustión no compensada por el rebrote o regeneración natural de la vegetación en una década (Van der Werf *et ál.*, 2010). Resumiendo, las mismas causas de ignición del fuego en el Cerrado ocurren

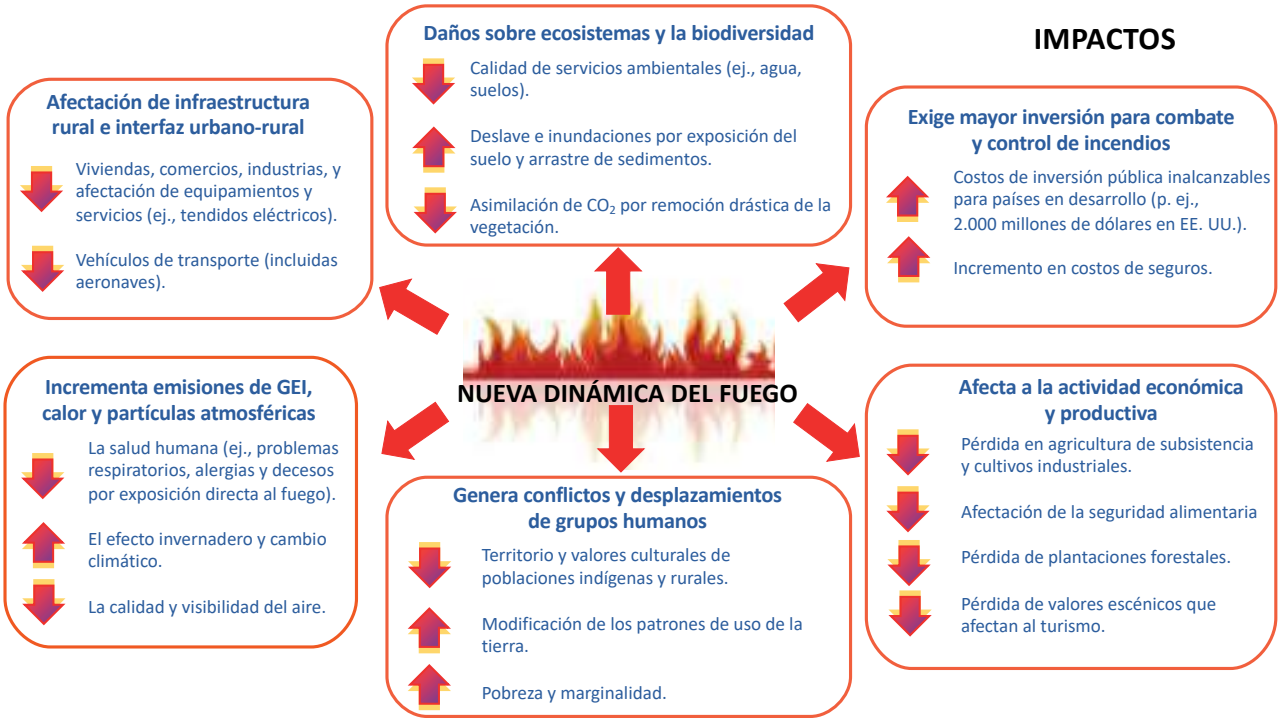


Figura 12.14. Impactos de la nueva dinámica incendios generada por el cambio climático, patrones de uso del suelo y demográficos y las políticas de gestión del fuego en los países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

en la región amazónica de Brasil, con el agravante de que la rápida tasa de conversión de bosques a sabanas, con pastos resistentes al fuego, se torna irreversible (punto de no retorno; ver **Figura 12.1**) por el mantenimiento de las prácticas de agricultura y ganadería industrial en la región (Nepstad *et ál.,* 2008) y la ocurrencia de grandes incendios de vegetación durante años de sequías extremas.

Aunque los recientes esfuerzos de Brasil por reducir la deforestación ilegal y establecer un modelo de desarrollo sostenible en la Amazonia han rendido sus frutos (un 66 % de reducción desde el 2009 hasta el 2015), la ocurrencia de incendios sigue incrementándose (Aragão *et ál.,* 2018). La fragmentación de los bosques producto de una deforestación histórica y la expansión agrícola y ganadera contribuyen a la ocurrencia de incendios en la región (Silva Júnior *et ál.,* 2018). Lamentablemente, una década después de que una iniciativa legal forzara cambios que ralentizaron dramáticamente la deforestación a través de la cuenca del Amazonas, la actividad está resurgiendo, impulsada por la restauración del cultivo de la soja y otros cultivos agrícolas a gran escala. Según estimaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de Brasil (INPE, 2019), la deforestación mediada por el fuego aumentó en 2015 por primera vez en casi una década, a más de 800.000 ha desde agosto de ese año hasta julio de 2016.

Si bien los incendios de Brasil durante 2019 fueron focos de atención en la prensa a nivel mundial (Rodgers *et ál.,* 2019), el valor de la superficie afectada por el fuego para ese año (hasta octubre 2019) registrado a través de MODIS fue similar al valor promedio de la serie temporal 2001-2018 (180.258 y 177.275 km^2, respectivamente), e incluso 7 % menor si consideramos el número de fuegos activos para ese periodo (Lizundia-Loiola *et ál.,* 2020). Sin embargo, la gravedad de esos incendios reside en que la mayoría de ellos se concentraron en áreas de bosque amazónico sin registros previos de fuego en la zona. No existe tampoco ninguna correlación con la temporada de sequía para ese año (no fue extrema, ni tampoco fue año Niño). Las causas de estos incendios, según varios estudios, estarían vinculadas a políticas gubernamentales, con leyes recientes que fomentan la expansión agrícola (Rodgers *et ál.,* 2019; Lizundia-Loiola *et ál.,* 2020).

12.3.1.2. Bolivia

Con más de 53 Mha de bosques, Bolivia es el séptimo país con mayor cobertura de bosque húmedo tropical y se encuentra entre la docena de países con mayor biodiversidad terrestre en el mundo (Ibisch y Mérida, 2003). Las tasas de deforestación han aumentado rápidamente durante las últimas tres décadas, causando la emisión de 100 millones de

toneladas por año de CO_2, que representan más del 80 % de las emisiones totales de CO_2 de Bolivia (Rada *et ál.,* 2009).

Bolivia es también el segundo país con mayor superficie afectada por incendios de la región RIOCC (ver **Figura 12.4**). En los últimos 17 años la superficie afectada por el fuego acumulada alcanza más de 62 Mha en todo el país (FAN, 2015), y durante la sequía de 2010 los incendios afectaron a cerca de 2 Mha de bosques en el departamento de Santa Cruz, llevando a un estado nacional de emergencia (Rodríguez Montellano, 2014). Al igual que Brasil, la mayor ocurrencia de incendios (72 %) sucede en áreas de sabanas (pampas naturales y vegetación de baja altura) con 2,5 Mha quemadas anualmente, mientras que el 28 % restante (1 Mha) ocurren en áreas de bosque, principalmente bosque amazónico y Bosque Seco Chiquitano. Estos incendios se concentran en la región este de los departamentos de Beni y Santa Cruz, que son zonas de alta actividad ganadera, donde los ganaderos recurren a la quema para ampliar las zonas de potreros, estimular el rebrote de los pastizales en época de sequía, controlar plagas y sanidad del ganado (FAN, 2015; Cochrane, 2013). La otra causa más común de incendios es el uso del fuego en las prácticas agrícolas tradicionales con fines de subsistencia, conocidas comúnmente como chaqueos, y en la agricultura mecanizada con fines comerciales, incrementadas considerablemente en años recientes por el crecimiento demográfico y las políticas públicas que incentivan el avance de la frontera agropecuaria para alcanzar metas de desarrollo y soberanía alimentaria. En el primer caso, los incendios ocurren principalmente por accidentes, por procesos de aculturación asociados a la pérdida de conocimiento tradicional o por desconocimiento en el uso del fuego controlado por comunidades originarias de otras regiones, mayormente andinas (Ibarnegaray *et ál.,* 2014; FAN, 2015). Sin embargo, el mayor impacto es producido por el uso del fuego en la deforestación para el cultivo de soja, que ha aumentado más del 500 % en Bolivia, desde 760.000 ha en 1991 a 3,8 Mha en 2013 (INE, 2018).

El año 2019 fue otra temporada grave de incendios para Bolivia (mucho peor que Brasil) no solo por su extensión, ya que triplicó la superficie afectada por los incendios en el 2018 (48.187 *versus* 15.448 km^2) y también superó en un 51 % el promedio de la serie temporal 2001-2019 (31.819 km^2), sino porque afectó a ecosistemas sensibles y previamente no afectados por el fuego en el Bosque Seco Chiquitano y el bosque húmedo amazónico (**Figura 12.2. c** y **e**; FAN, 2019a, b; Lizundia-Loiola *et ál.,* 2020). Varios estudios señalan la deforestación provocada por la quema para la expansión de la frontera agrícola y ganadera, como la principal razón de este patrón de incendios en la región (FAN, 2019a, b; Rodgers *et ál.,* 2019; Lizundia-Loiola *et ál.,* 2020).

12.3.1.3. Argentina

Es el tercer país de la región RIOCC en cuanto al promedio de superficie afectada por el fuego anualmente (~1 Mha, **Figura 12.4a**). Solo en el año 2001 (**Figura 12.4b**) fueron afectadas más de 3 Mha de bosques y arbustales en la región semiárida central. Asimismo, en el periodo comprendido entre 2001 y 2016, fueron dañadas 17.987.288 ha en todo el territorio argentino, siendo la provincia de la Pampa la más perjudicada (7.118.388 ha), seguida de Río Negro (2.519.532 ha) y Mendoza (2.009.993 ha). El 35 % de la superficie total quemada corresponde a arbustales y pastizales con 6.889.349 y 6.302.479 ha, respectivamente (Kunst *et ál.,* 2003; Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019a, b).

El pastoreo de ganado doméstico y la aplicación de estrategias de supresión total del uso de fuego, que promueven la acumulación de material combustible, han sido consideradas causas importantes en cuanto al origen de los grandes incendios, especialmente en la región central de Argentina (Llorens y Frank, 2003; Estelrich *et ál.,* 2005a, b). Asimismo, otra de las principales fuentes de incendios se asocia a la intensa expansión agrícola del cultivo de la soja, con un incremento del 209 % durante el periodo 1995-2011 en la región chaqueña al nordeste de Argentina (Product Board MVO, citado en Castanheira y Freire, 2013).

En la región patagónica, los cambios en los usos del suelo en el paisaje de bosques de *Nothofagus* y *Araucaria,* sometidos en el pasado a fuertes presiones de explotación agrícola, ganadera y forestal, han acrecentado su exposición a grandes incendios, especialmente en áreas de explotación maderera, debido a la conversión de vegetación nativa menos inflamable en plantaciones más inflamables de coníferas exóticas, pirofíticas y de rápido crecimiento (Veblen *et ál.,* 2008; Defossé *et ál.,* 2015). Asimismo, la relación entre la creciente incidencia del fuego, la demografía y los procesos de urbanización acelerada que afectan en general a diversas regiones de Latinoamérica puede ilustrarse con el caso de la ciudad de Bariloche, ubicada en el noroeste de la Patagonia argentina. En esta región, los datos muestran que los incendios aumentaron de menos de 50 a más de 1.800 por temporada (5.900 %), especialmente en la interfaz urbano-forestal, entre los años 1984 y 2004. Asimismo, la densidad de población en el área de estudio aumentó de 2,8 habitantes ha^{-1} en 1984 a más de 4 habitantes ha^{-1} en 2001 (48 %) (Dondo Bühler *et ál.,* 2013). Aunque el desarrollo residencial ha sido mayor hacia el ecotono estepa-bosque, los bosques húmedos y mésicos de *Nothofagus* también han experimentado un mayor uso tanto para la residencia como para la recreación de este gran polo turístico, especialmente desde principios de los años noventa (Veblen *et ál.,* 2008).

12.3.1.4. Paraguay

Si bien Paraguay no posee estadísticas publicadas en cuanto a la incidencia del fuego en su territorio, estudios de observación remota utilizando los satélites de referencia (*NOAA-12* y *AQUA_M-T*) revelan que Paraguay fue el cuarto país en Sudamérica con mayor número de focos de incendios durante el periodo 1999-2015 y el primero, incluso por encima de Brasil, en cuanto al número promedio de focos de fuego por área, lo

que lo sitúa en la categoría de territorio de muy alta incidencia de fuegos (Alves White, 2017). Similares resultados fueron obtenidos en este capítulo en la cuantificación de fuegos activos (**Figura 12.5b**), situándolo en segundo lugar, muy cerca de Guatemala, en la densidad de fuegos activos por unidad de superficie. Al igual que en Brasil y Bolivia, las causas de estos incendios estarían asociadas a las altas tasas de deforestación que están ocurriendo en áreas de los bosques amazónicos y bosques secos estacionales debido a la conversión ganadera y agrícola del suelo (Walcott *et ál.,* 2015; Hansen *et ál.,* 2017) principalmente para el cultivo de soja. Paraguay es el cuarto mayor exportador mundial de soja («oro verde»). Más de 3 Mha de soja se siembran actualmente en Paraguay, casi el triple del área que en 1998, que alcanzó un récord de producción de 9 M de toneladas durante el 2018 (Nolasco y Sanhueza, 2011; Gateway to South América, 2018).

12.3.1.5. Chile

En los últimos años, Chile ha mostrado un incremento sostenido en la ocurrencia incendios, que en la temporada 2016-2017 alcanzó un récord histórico con unas 600.000 ha quemadas (CONAF, 2017; González *et ál.,* 2020; **Figuras 12.4 a** y **b**). De manera similar, las temporadas de incendios 2013-2014 y 2014-2015 alcanzaron aproximadamente 106.000 y 129.000 ha quemadas, respectivamente. La gran superficie afectada por el fuego en estas últimas temporadas no tiene precedentes en los últimos 40 años (1976-77 y 2014-2015), superando con creces el promedio quemado anualmente (54.800 ha/año). Durante el periodo 2006-2015, las plantaciones forestales exóticas fueron el principal tipo de cobertura afectada por incendios, representando un 35 % del total, que se concentraron en las regiones del Maule, Bío-Bío y Araucanía, que sustentan la industria forestal (ver más adelante **caso de estudio 12.7.2** y **Recuadro 12.1**).

12.3.1.6. México

En México durante el periodo 2008-2018 se registraron 8.000 incendios forestales anualmente, con una superficie promedio quemada por año de 370.000 ha. La mayor cantidad de los incendios forestales son superficiales y en casos muy excepcionales los incendios son subterráneos o de copa. Los registros estadísticos indican que el sotobosque, el estrato herbáceo, los arbustos y los pastizales contribuyen con el 97 % de la superficie afectada por el fuego; los incendios severos contribuyen con el 7 % de arbolado adulto y renuevo a la superficie afectada por el fuego y biomasa muerta (Gerencia de Manejo del Fuego-CONAFOR, 2018, comunicación personal).

El 98 % de los incendios son generados por las actividades humanas en la mayor parte del territorio, y el 2 % por tormentas eléctricas secas, particularmente en el norte de México.

Las causas humanas de los incendios en estas localidades están relacionadas con el cambio de utilización del suelo para uso ganadero (vigorizar el crecimiento de pastos forrajeros) y agrícola con el fin de quemar el rastrojo y los deshechos agrícolas (Jardel-Peláez *et ál.,* 2014; Pérez-Salicrup *et ál.,* 2016). El uso del fuego también se ha asociado a conflictos de tenencia del suelo y para obligar a las autoridades a permitir el aprovechamiento forestal en regiones donde está restringido por tratarse de áreas protegidas (Pérez-Salicrup *et ál.,* 2016).

12.3.1.7. Países de Centroamérica y del Caribe

De acuerdo con las estadísticas nacionales de superficie afectada por el fuego en el periodo 2001-2019 (**Figura 12.4** y **Tabla 12.1** del **Anexo**), los países de Centroamérica (Costa Rica, Guatemala, Cuba, Nicaragua, República Dominicana y El Salvador) se encuentran entre los de menor extensión de superficie afectada por el fuego. En cuanto al porcentaje de área quemada, solo Costa Rica presenta valores un poco superiores al 0,5 % (mientras que los del resto son inferiores al 0,1 %). Sin embargo, al contabilizar los fuegos activos registrados por la NASA (FIRMS, 2019), Guatemala y otros países de Centroamérica llevan la delantera cuando se normaliza con respecto a la superficie de los países (**Figura 12.5b**).

A pesar de que Costa Rica cuenta con una legislación que prohíbe o regula la quema en las prácticas de agricultura, este país se encuentra entre los más afectados por la incidencia del fuego en relación con su superficie. Posiblemente, esta alta incidencia esté vinculada a la actividad de ganadería, que es muy próspera, aunque también se han realizado esfuerzos por reducirla. Esto es porque desde hace años el país aplica una política de carbono neutral relacionada con el control de las emisiones. Las actividades de ganadería son también comunes a Nicaragua y a Panamá. Las prácticas de agricultura itinerante (en las que se emplea la roza, tumba y quema) están muy arraigadas en la cultura indígena de toda esta región, asociadas a regímenes de fuego de baja intensidad. En Guatemala, el uso del fuego en las actividades agropecuarias es una práctica de uso común, mayormente en la quema de grandes extensiones de cultivos de caña de azúcar. Los incendios forestales han sido considerados la principal causa de la degradación de bosques. Estos pueden ser causados por descuidos en el momento de la limpieza de las parcelas agrícolas o en las actividades de renovación de potreros y en el control de las garrapatas, principalmente en la región del norte y nororiental de Guatemala. Sin embargo, el 58,1 % de los incendios se consideran «provocados» con el objetivo de afectar al bosque y así poder utilizar las tierras una vez desprovistas de árboles (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, 2017).

Por su parte, en las islas del Caribe la mayor parte de las regiones de bosques secos (con precipitación media anual de 500 a 1.000 mm), donde se localizan la mayoría de los asentamientos humanos, son las más afectadas por los incendios forestales. Los bosques húmedos de tierras bajas

y altas de las islas, donde se registran mayores niveles de precipitación anual (> 1.000 mm), son menos susceptibles, pero pueden arder también en años excepcionalmente secos.

Los bosques nativos de pino caribeño de Cuba y República Dominicana, al igual que los de Honduras, son ecosistemas que dependen del fuego para su mantenimiento (Myers, 2006; Robbins *et ál.,* 2008). En República Dominicana, el bosque de pino subalpino es perturbado frecuentemente por incendios naturales iniciados generalmente por la acción de rayos en zonas secas y elevadas durante el final de la temporada de invierno. Sin embargo, el incremento observado de la frecuencia de los incendios en estos ecosistemas por causas antrópicas altera la dinámica poblacional y la supervivencia de plántulas y juveniles, y afecta a la estructura del bosque, propiciando la conversión del ecosistema en herbazales (Myers, 2006; Martin y Fahey, 2014).

Las sabanas del Orinoco (Llanos) se extienden entre Venezuela y Colombia, cubriendo una extensión de 500,000 km^2 y, junto con las sabanas del Escudo Guayanés, representan la mayor superficie de sabanas neotropicales al norte del Ecuador en Sudamérica (Sarmiento, 1984; Medina y Silva, 1990). Chuvieco *et ál.* (2008) estimaron que, durante los años 2000 al 2008, la quema de sabanas al norte de Sudamérica (Llanos de Venezuela y Colombia) contribuyó con el 25 % de la superficie afectada por incendios en el continente, revelando la importancia de estos ecosistemas en la dinámica de incendios de la región iberoamericana. Los principales aspectos de la fenología, biodiversidad, las relaciones del agua y economía de nutrientes, en conexión con procesos productivos en sabanas neotropicales modulados por la herbivoría y el fuego, han sido exhaustivamente estudiados en Venezuela como parte del Programa Respuestas de las Sabanas al estrés y a las perturbaciones (RSSD, acrónimo en inglés) bajo los auspicios del Programa de la Década de los trópicos 1980-1990 (UNESCO MAB por sus siglas en inglés para el Hombre y la Biosfera) (Sarmiento, 1984; Frost *et ál.,* 1986; Medina y Silva, 1990). Las principales conclusiones derivadas de estos estudios consideran que los suelos de la sabanas en Venezuela poseen una muy baja fertilidad, y que los patrones de variación en la composición de especies, estructura (densidad de árboles) y productividad del ecosistema están correlacionados con la duración de la humedad disponible en el suelo para la planta y la frecuencia y el momento de ocurrencia del fuego (Medina, 1982; San José y Fariñas, 1983; Fariñas y San José, 1987; Medina y Silva, 1990; Silva *et ál.,* 1991). El origen del fuego es básicamente antrópico, y desde la llegada de los españoles a estas regiones la mayor incidencia del fuego ha estado asociada a la actividad ganadera extensiva. Asimismo, la introducción de especies de gramíneas africanas como pastos forrajeros, por su mayor producción de biomasa y palatabilidad, desde el siglo XIX, ha modificado los patrones hacia más intensos y extendidos incendios en la región (Medina y Bilbao, 1996; Bilbao y Medina, 1997). La invasión de estas especies, como la *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf hacia áreas naturales de sabanas y como la *Melinis minutiflora* P. Beauv. hacia zonas de bosques nublados afectados por el fuego, ha conducido asimismo hacia fuegos de mayor intensidad y extensión (Bilbao *et ál.,* 1996; Bilbao y Medina, 1997; Baruch y Bilbao, 1999). Con respecto a las sabanas colombianas, Romero-Ruiz *et ál.* (2010), utilizando datos satelitales, revela que la superficie de incendios durante los años 2000-2008 fue en promedio 2,75 M ha (24 % de la superficie de sabanas del país). Este resultado estuvo asociado con la tenencia del suelo, indicando que el 30-32 % del área con cultivos intensivos, plantaciones de palma aceitera, así como las reservas indígenas, nunca fueron quemadas, mientras que en los parques nacionales esta cifra fue del 16 %. Armenteras *et ál.* (2019) reportaron, asimismo, un incremento de seis veces la ocurrencia de incendios en áreas protegidas de Colombia después de la desmobilización de la guerrilla en 2018. La falta de manejo del fuego en estas regiones deshabitadas pudo haber conducido a una acumulación del material combustible que aumentó el riesgo de incendios. Es importante mencionar que, de acuerdo con datos oficiales de incendios en Colombia, entre 2001 y 2019, un máximo de 110.000 ha fueron afectadas en todo el país, lo que representa solo el 0,04 % de lo reportado por Romero-Ruiz *et ál.* (2010) para zonas de sabanas. Esto revela la urgente necesidad de revisar y mejorar el sistema nacional de registro de incendios de este país.

La deforestación para la expansión agrícola y ganadera en bosques húmedos tropicales al sur del Orinoco y accidentes conectados con las prácticas de agricultura de subsistencia son considerados los principales factores asociados a la incidencia de incendios en esta región (Bilbao, 2014; Leal *et ál.,* 2018; Armenteras *et ál.,* 2019). Un estudio sobre la detección y localización de incendios en Sudamérica durante el año 2019 (Lizundia-Loiola *et ál.,* 2020) señala que los bosques primarios al sur del Orinoco han sido el foco de la mayoría de los incendios en Venezuela durante ese año, aparentemente asociados a la deforestación para la expansión agrícola. También señalan que la superficie afectada ha sido un récord histórico para el país (44 % más que el promedio de series temporales registradas desde 2001).

12.3.1.8. Región andina de Colombia, Perú y Ecuador

En Colombia también existe una cultura generalizada de uso del fuego por las comunidades en actividades asociadas a la preparación de los terrenos agrícolas o a la ampliación de áreas con fines productivos (IDEAM, 2018). Se estima que el 95 % de los incendios en Colombia son de origen antrópico durante el desarrollo de actividades turísticas, prácticas agrícolas e incluso «provocados» (Jiménez *et ál.,* 2016). Las quemas agrícolas que escapan al control afectan especialmente a los bosques nativos y plantados, así como a los páramos y sabanas. En muy pocos casos se deben a agentes causales de orden natural, como las tormentas eléctricas secas, lo cual ha sido documentado solo en las sabanas de la Orinoquia y el piedemonte amazónico de Colombia, regiones en las que se reporta la presencia de especies vegetales con claras adaptaciones al fuego.

En las sabanas de alta montaña de los Andes tropicales, el uso del fuego es una práctica común para establecer nue-

vas plantaciones y renovar los pastos, así como actividades relacionadas con creencias y prácticas culturales (Sarmiento y Frolich, 2002). Se cree que la costumbre ancestral de quemar los bordes de los bosques para hacer carbón, practicada actualmente por los carboneros —quienes venden sus cargamentos de carbón vegetal en los mercados de los pueblos y ciudades cercanas—, es responsable en gran parte de la definición de la línea que separa los bosques nublados de los páramos. La quema intensa realizada en hornos de piedra *in situ* elimina las micorrizas del suelo y crea una corteza inerte que impide la germinación de las semillas de las especies del bosque (Sarmiento y Frolich, 2002).

12.3.1.9. Península Ibérica: España y Portugal

La mayor parte de los incendios en España y Portugal ocurre en el verano septentrional y sus causas principales son de origen humano (Vázquez y Moreno, 1998; Moreira *et ál.,* 2010, MAPA, 2019a). Así, las igniciones no ocurren al azar ni en el espacio ni en el tiempo (Catry *et ál.,* 2009; Rodrigues *et ál.,* 2016). De igual manera, en un mismo lugar, unos tipos de vegetación suelen arder más frecuentemente que otros (matorrales o coníferas frente a bosques caducifolios o sistemas agropastorales) (Costa *et ál.,* 2011; Verdú *et ál.,* 2012; Moreno *et ál.,* 2013), para lo que también influye la configuración espacial de las manchas de vegetación que conforman el paisaje (Nunes *et ál.,* 2005).

En España, según la Estadística General de Incendios Forestales (EGIF) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), se han registrado en el último medio siglo unos 550.000 incendios forestales, que afectaron a cerca de 7,5 Mha. En la década de 1960 el promedio anual de incendios registrado era de 1.870, que afectaron a 51.600 ha. En la década de 1990, la de mayor incidencia, se llegaron a registrar cada año unos 19.100 incendios y resultaron afectadas un promedio de 160.000 ha (MAPA, 2019a). Este aumento de la ocurrencia podría explicarse, parcialmente, por el cambio de metodología en la recogida de datos, cuya fiabilidad y detalle fue variable hasta los años noventa entre las diferentes provincias. Durante el último decenio (2006-2015) el número medio de incendios cada año ha disminuido, hasta 13.000, con un claro descenso de la superficie media quemada hasta 100.100 ha anuales. A pesar de haber diferencias entre provincias (Urbieta *et ál.,* 2019), esta misma tendencia está ocurriendo en los países de la Europa mediterránea, a excepción de Portugal, en el que la tendencia negativa no es tan clara (Bermúdez *et ál.,* 2009; Turco *et ál.,* 2016). Ello apunta a la mejora en la eficacia de la lucha contra el fuego (Brotons *et ál.,* 2013; Fernandes *et ál.,* 2016b; Urbieta *et ál.,* 2019; Rodrigues *et ál.,* 2019). Si bien en España los incendios ocurren de manera generalizada, la incidencia tampoco es uniforme en el territorio, por lo que hay zonas particularmente afectadas, entre las que destacan Galicia (con el 42 % de los siniestros y el 25 % de la superficie forestal total afectada en el último decenio), el Levante, las Sierras Béticas y el Sistema Central (Moreno *et ál.,* 2015).

Portugal se encuentra entre los países con mayor porcentaje de área quemada respecto a la superficie total de los países RIOCC, siendo el tercero (con 1,6 %) después de Brasil y Bolivia (**Figura 12.4b**). Así, Oliveira *et ál.* (2012b) mostraron que en el periodo 1975-2005 hubo un total de 35.194 incendios forestales en Portugal, en los cuales se quemó un total de 3,8 Mha. El análisis de los datos anuales muestra que el área quemada varió de 15.500 ha en 1977 a 440.000 ha en 2003. El mayor porcentaje de área quemada respecto a la superficie total forestal ocurrió en áreas dominadas por arbustos (por su inflamabilidad y características combustibles) en altitudes sobre los 400 m, ubicadas a más de 1 kilómetro de las carreteras y con una densidad de población inferior a 25 habitantes por km^2. Estos datos revelan, que, a diferencia de España, hubo una tendencia a incrementar el número y extensión de los incendios (Fernandes *et ál.,* 2016a; Turco *et ál.,* 2016), y que el abandono de las zonas rurales y la ocurrencia de fuegos alejados de las carreteras dificultan el acceso de los bomberos, así como la notificación de su ocurrencia. Por otro lado, los devastadores incendios ocurridos en el centro de Portugal a mediados de junio de 2017 afectaron a alrededor de 40.000 ha de colinas y zonas rurales dedicadas a las plantaciones de eucaliptos y pinos para el suministro de madera a la industria papelera, convirtiéndose en los más letales en términos de vidas humanas. Ese año (2017) acabó con casi 539.000 ha quemadas. Los megaincendios del verano, al igual que los ocurridos en Chile ese mismo año, indican la alta peligrosidad de las plantaciones por la gran acumulación y homogeneidad del material combustible, así como la necesidad de su manejo (Pereira *et ál.,* 2005; Oliveira *et ál.,* 2014; Gómez-González *et ál.,* 2018).

12.3.2. Seguridad alimentaria e incendios

Otro sector vulnerable tanto a la deforestación como a los incendios forestales es la seguridad alimentaria de poblaciones indígenas y campesinas que dependen de los productos generados por los bosques y la vegetación natural. Ejemplo de esta vulnerabilidad es el caso del Parque Indígena de Xingu en Brasil. Con el avance de la deforestación para conversión de áreas para el agronegocio alrededor del parque indígena, el parque se está convirtiendo en una isla de conservación de la vegetación natural. Debido a esto, la humedad en la vegetación disminuye, generando más oportunidades para que haya incendios forestales que destruyen las fuentes alimentarias de las poblaciones locales. Además de eso, los indígenas locales relatan la presencia de plaguicidas transportados por el viento hasta sus áreas que genera problemas de salud en las personas y la disminución o pérdida de la producción de sus rozados. En relatos de los propios indígenas, el alimento se está tornando escaso y la gente no tiene qué comer (Lara Steil, comunicación personal).

12.3.3. Salud e incendios

Los incendios forestales afectan al bienestar físico de las personas, no solo de aquellas que entran en contacto próximo con el fuego, como es el caso de los profesionales que participan en las labores de extinción o de quienes habitan en zonas de la interfaz urbano-rural, sino también de los pobladores de zonas urbanas hasta las que pueden llegar las nubes de humo y partículas emitidas por los incendios que son transportadas por el viento. Estas nubes de partículas pueden transportarse a distancias considerables, e incluso a escala planetaria (Cancelo-González y Díaz-Fierros, 2018).

Con la excepción de España y Portugal, países que llevan buenos registros, las cifras de las personas afectadas por los incendios en la región no están siempre fácilmente disponibles. De acuerdo con cifras de MAPA (2019a), fallecieron en España 69 personas en el decenio 2006-2015 como consecuencia directa de incendios forestales, la mayoría de ellas combatientes del fuego. En el caso de Portugal, los registros revelan al menos 200 fallecimientos en el periodo 2000-2017. Más de la mitad de ellos fueron causados por la fatídica temporada de incendios del año 2017 (San-Miguel-Ayanz *et ál.,* 2018). Las causas más frecuentes de fallecimientos en estas situaciones son atrapamientos por el fuego y accidentes aéreos (Butler *et ál.,* 2017), afectando principalmente al personal que participa en labores extenuantes y peligrosas durante la extinción de incendios.

Desde el punto de vista sanitario, se considera que las partículas procedentes de los incendios forestales son de alto riesgo por la diversidad y cantidad de compuestos tóxicos y contaminantes, y sobre todo por el contenido de partículas finas $PM_{2.5}$ (con un diámetro de Ø ≤ 2,5 micrómetros). Varios estudios revelan incrementos moderados de la morbilidad y mortalidad en las poblaciones más sensibles afectadas por el paso de la pluma contaminante, así como aumentos significativos de afecciones respiratorias y otras dolencias (Barbera-Riera, 2017; Cancelo-González y Díaz-Fierros, 2018; Ford *et ál.,* 2018; Moreira *et ál.,* 2020a). Así, de acuerdo con Lelieveld *et ál.* (2015), en el año 2010, 5 de cada 10.000 personas del mundo fallecieron como consecuencia de la exposición prolongada a elevadas concentraciones de partículas finas contaminantes ($PM_{2.5}$) suspendidas en el aire, que provocaron enfermedades cerebrovasculares, cardiopatías isquémicas, obstrucción pulmonar crónica, enfermedades respiratorias agudas o cáncer. Estos mismos autores estiman que para el año 2050 la mortalidad mundial per cápita atribuible a la contaminación atmosférica producto de los incendios podría incrementarse de 5 a 7 personas por cada 10.000 habitantes, llegando a afectar a 6,6 millones de personas en el mundo, siendo estos casos un 90 % más frecuentes en entornos urbanos que en zonas rurales.

El suelo y el agua también se ven afectados por la llegada de sustancias contaminantes procedentes de los incendios forestales llegando a constatarse diversos casos de perturbaciones graves en los sistemas de potabilización del agua en países con una fuerte incidencia de los incendios, como Portugal y España, entre otros (Cancelo-González y Díaz-Fierros, 2018).

Aunque a nivel mundial la quema de biomasa (en los incendios de bosques, sabanas y arbustales tropicales, y de bosques y praderas en latitudes elevadas, así como la quema de desechos agrícolas) contribuye solo con un 5 % del total de partículas presentes en el aire, en regiones como Sudamérica puede llegar a ser la principal fuente de contaminación atmosférica. Así, en el caso de Brasil, se estima que la quema de biomasa puede aportar hasta un 70 % de las partículas finas en suspensión en el aire.

Por eso en los países de la región iberoamericana, además de tomar medidas de mitigación, se necesita impulsar medidas preventivas (como instalación de filtros y creación de refugios de aire limpio) y campañas de salud públicas (p. ej., alertas sobre temperaturas elevadas, sequías prolongadas y concentración de contaminantes), entre otras, para evitar la afectación de los sectores de la población más vulnerables (personas con problemas respiratorios, ancianos, niños y mujeres embarazadas) o expuestos a concentraciones elevadas de partículas finas en el aire como consecuencia de los incendios forestales y la quema de biomasa.

Igualmente se requieren sistemas estandarizados de manejo de información detallada y precisa de la mortalidad y morbilidad causadas por los incendios de vegetación a fin de mejorar la seguridad y orientar el desarrollo de estrategias preventivas viables que protejan a la población en general y a la de más alto riesgo, como es el caso de los bomberos forestales, quienes pueden sufrir traumatismos y enfermedades severas por contacto directo con los incendios (Butler *et ál.,* 2017).

12.4. Medidas de adaptación al riesgo de incendios en los países RIOCC

12.4.1. Opciones de adaptación al riesgo de incendios en los países RIOCC

La dimensión de la problemática originada por la nueva dinámica de incendios, con la ocurrencia de grandes incendios forestales o megaincendios, caracterizados por el avance fuera de control y una gran intensidad, pone en relieve la necesidad de fortalecer la gestión en los países de la región con políticas públicas e intervenciones integrales que reduzcan el mayor riesgo de incendios en escenarios de cambio climático (Moreno *et ál.,* 2016). Se requiere incorporar medidas de adaptación desde nuevos enfoques que consideren la cambiante situación socioeconómica de los países, los intereses de las comunidades locales y sus conocimientos y prácticas tradicionales de uso del fuego (Mistry *et ál.,* 2016; Eloy *et ál.,* 2018; Bilbao *et ál.,* 2018; Bilbao *et ál.,* 2019).

Sin duda, el carácter negativo y destructor adjudicado históricamente al fuego ha justificado el predominio de las políticas de combate y exclusión del fuego implementadas en la región para controlar los incendios forestales, especialmente en áreas protegidas y otras zonas vulnerables. Por ello, los esfuerzos de las instituciones responsables han estado enfocados en técnicas de extinción con uso intensivo de tecnología. Recientemente se están incorporando modelos predictivos sobre riesgos de incendios y el uso de sensores remotos para la caracterización de los combustibles. Si bien la lucha contra incendios ha sido aparentemente efectiva en casos como el de España (Urbieta *et ál.,* 2019), estas técnicas han mostrado baja efectividad en la extinción y prevención de incendios forestales de gran magnitud en áreas protegidas de otros países, exigiendo una alta inversión de recursos humanos y financieros para controlarlos (Davis, 2018; Eloy *et ál.,* 2018; IUFRO, 2018).

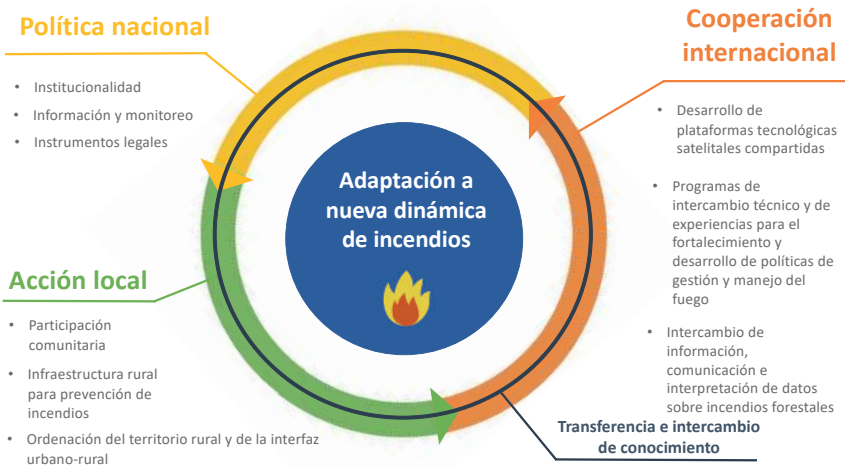


Figura 12.15. Estrategias de adaptación a la nueva dinámica de incendios generada por el cambio climático, patrones de uso del suelo y demográficos y las políticas de gestión del fuego en los países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

La exclusión del fuego de los ecosistemas incrementa la cantidad de material combustible disponible y los hace más vulnerables a situaciones de alto riesgo climático (mayor temperatura y sequía), especialmente en ecosistemas dependientes del fuego, por lo que es importante reconsiderar el rol que tiene el fuego en la ecología y la cultura tradicional en muchas regiones del mundo (Estelrich *et ál.,* 2005a, 2005b; Bilbao *et ál.,* 2009, 2010).

En los últimos años ha cobrado mayor importancia el enfoque de manejo del fuego (Turco *et ál.,* 2018; Mistry *et ál.,* 2018; Bilbao *et ál.,* 2019), una perspectiva participativa que busca equilibrar los esfuerzos dedicados a la extinción de incendios con acciones orientadas a la prevención a través de educación y sensibilización de la población para influenciar el comportamiento y las prácticas relacionadas con las causas de los incendios, promoviendo a su vez el uso adecuado del fuego como herramienta de gestión con fines agrícolas o ecológicos.

En la **Figura 12.15** y en la **Tabla 12.2** del **Anexo,** se presentan las principales estrategias adaptativas abordadas en la región de países RIOCC. Son diversas las opciones de adaptación a los efectos del cambio climático sobre los incendios forestales que han sido ensayadas en la región e incluyen una amplia gama de medidas implementadas a diversas escalas por iniciativa tanto de los gobiernos, la academia, organizaciones no gubernamentales como de productores y comunidades locales con distintos grados de éxito. Asimismo, se exponen cinco casos de estudio en los que se detallan algunas de estas iniciativas y los aprendizajes adquiridos durante su ejecución.

Otras iniciativas ensayadas, tales como la difusión y promoción de prácticas agrícolas alternativas al uso del fuego para reducir la incidencia de incendios y el otorgamiento de incentivos económicos a las comunidades locales para la restauración de bosques, si bien apuntan a la mejora de las condiciones de vida de las poblaciones, no siempre cumplen el propósito de disminuir la incidencia de incendios. Ello se debe a factores culturales subyacentes vinculados a la valoración y uso tradicional del fuego por parte de las comunidades campesinas e indígenas, así como a la existencia de conflictos y tensiones sociales asociadas a la tenencia de los territorios, como se ha observado en la región amazónica y en el caso de Paraguay (Walcott *et ál.,* 2015).

Las políticas públicas de adaptación ante los incendios forestales deben atender el problema adecuadamente y ser consistentes en distintos sectores para evitar efectos contraproducentes, considerando que la expansión de la frontera agrícola y de centros poblados está relacionada con la ocurrencia de incendios. Al haber una gran diversidad de actores involucrados, con visiones y posiciones disímiles sobre el tema, el reto es contar con políticas y programas que permitan responder a los múltiples desafíos, equilibrando las necesidades e intereses de la población (Bilbao *et ál.,* 2019). El ordenamiento territorial resulta fundamental en la gestión de incendios forestales, así como el contar con un marco político y regulatorio que establezca procesos y procedimientos claros, adecuados al contexto social y ecológico correspondiente.

12.4.2. Actividades de adaptación planificada

12.4.2.1. Escala supranacional

La envergadura y complejidad socioambiental de la problemática de los incendios forestales trasciende las fronteras

nacionales y demanda altos niveles de sofisticación técnica de gestión y manejo. Esto ha impulsado la realización de iniciativas conjuntas de cooperación técnica multilateral y bilateral en la región, las cuales se presentan en la **Tabla 12.3** (ver **Anexo**).

Estas iniciativas apuntan al desarrollo de redes regionales y globales de manejo integral del fuego basadas en estándares comunes o a la ejecución de programas y proyectos específicos en el territorio a fin de reducir los impactos socioeconómicos y ambientales negativos de este fenómeno. Para aprovechar las ventajas que ofrecen estos mecanismos de cooperación, se requiere que los países fortalezcan sus propias instituciones e inviertan en la modernización de sus sistemas nacionales, evaluando de forma continua el impacto y pertinencia socioambiental de las opciones y propuestas ofrecidas.

12.4.2.2. Escala nacional y subnacional: planes nacionales de adaptación y mitigación de incendios

El grado de avance en cuanto al desarrollo de instrumentos nacionales de adaptación y mitigación ante incendios forestales en la región es heterogéneo.

España ha sido uno de los primeros países europeos en desarrollar una política de adaptación. Esta política fue materializada en el año 2006 con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) (OECC, 2006), el cual coordina distintas Administraciones para la integración de la adaptación al cambio climático en todos aquellos sectores y territorios vulnerables. Recientemente se ha trabajado en la generación y análisis de conocimiento en materia de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación en los sectores forestal y de biodiversidad. Con ello culminaba un proyecto de investigación monográfico sobre incendios forestales sobre adaptación en el ámbito forestal y de conservación de la biodiversidad, incluyendo análisis y propuestas de gestión ante el riesgo de incendios forestales. Entre los retos pendientes en materia de incendios está reforzar la investigación y cooperación transfronteriza con Portugal, así como la información, concienciación y formación ante el riesgo creciente de incendios. Igualmente, debería impulsarse el desarrollo de tecnologías y mejora de herramientas prácticas de evaluación y análisis de opciones de adaptación, dirigidas a sectores clave, como el forestal, agrícola o urbanístico, en especial de la interfaz urbano-forestal.

La Estrategia Nacional para la Adaptación a los Cambios Climáticos (ENAAC, 2020) de Portugal aprobada en 2010 contempla los incendios forestales como fenómenos que se interrelacionan simultáneamente con otros, tales como la reducción del agua para consumo y el riesgo de ocurrencia de ondas de calor más frecuentes, enfatizando en la búsqueda de soluciones y respuestas adaptativas transversales que interesen a más de un sector o región. Las acciones de adaptación ante los incendios forestales de este plan abarcan los sectores de seguridad personal y bienes, energía, agrícola, forestal y pesquero y biodiversidad por los riesgos que representan para la integridad física de las personas y los bienes materiales, la disponibilidad de biomasa como fuente de energía renovable, la afectación sobre actividades productivas, así como la pérdida de recursos económicos y naturales asociados a los bosques, su biodiversidad y los recursos hídricos.

En Sudamérica, los Gobiernos de Ecuador, Paraguay y Colombia han acelerado recientemente el desarrollo de instrumentos de ley y planificación sobre la materia y la realización de inventarios y acciones de monitoreo con tecnología satelital a raíz de eventos de incendios catastróficos recientes. En otros países, como en el caso de Perú, aún persisten vacíos y debilidades importantes y las disposiciones legales sobre la materia no se cumplen, en parte porque no existen investigaciones con una base de datos e información confiables acerca de la ocurrencia de los incendios forestales que apoyen a las autoridades en la toma de decisiones prácticas (Sabuco Cárdenas, 2013).

En contraste, Brasil cuenta con una importante plataforma técnica de monitoreo y análisis de información satelital (Programa de Queimadas del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE), así como sistemas de información sobre incendios forestales (INPE, 2019). Dispone también de una rica experiencia de más de dos décadas de trabajo de campo impulsada por Prevfogo (Centro Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales – Prevfogo/IBAMA) y otras instancias gubernamentales (ver **caso de estudio 12.7.4**), lo cual ha permitido trascender las barreras de las políticas de exclusión del fuego en áreas protegidas y adoptar planes de manejo integral del fuego, que incluyen utilización de quemas prescritas al final de la estación de lluvia o inicio de la estación de sequía, cortafuegos de ancho variable, autorización de quemas comunitarias, incorporación de conocimiento tradicional indígena y conformación de brigadas indígenas para el manejo del fuego, entre otras actividades (Falleiro *et ál.,* 2016; Barradas, 2017). Los resultados obtenidos de estas experiencias han permitido la elaboración de un nuevo proyecto de ley sometido en 2019 a la consideración del Congreso Nacional a fin de promulgar una nueva política nacional de manejo integral del fuego que sustituirá las disposiciones de aún vigentes «de cero fuego».

En el caso de Chile, las acciones y estrategias de adaptación ante el cambio climático en relación con los incendios forestales, contempladas en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos de Vegetación (ENCCRV) de la Corporación Nacional Forestal (CONAF, 2017), incluyen las siguientes acciones: generar capacidades técnicas de estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y análisis de severidad de incendios, proyectos de restauración ecológica, programas de silvicultura preventiva en interfaz urbana-rural, así como programas de alternativas de manejo y uso de residuos silvoagropecuarios y de formación y sensibilización de las comunidades.

12.4.2.3. Escala subnacional y local: Ejemplos exitosos de adaptación

Actualmente, una colaboración entre los servicios forestales de México (CONAFOR) y de los EE. UU. y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) con la Universidad Autónoma de Baja California y algunas organizaciones no gubernamentales busca garantizar la resiliencia de los bosques de pino/encino (*Pinus jeffreyi* Grev. & Walf y coníferas mixtas con *Quercus*) frente al cambio climático en Baja California. Con la ayuda del grupo de trabajo, el Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir (SSPM) desarrolla un plan moderno de manejo del fuego que incluye estrategias y tácticas para mantener una baja densidad de bosques, bajas cargas de combustible y la reintroducción del fuego como un proceso ecosistémico. Al mismo tiempo, el parque y el grupo trabajan estrechamente con los propietarios de tierras circundantes para disminuir la incidencia de incendios antropogénicos durante periodos de sequía y viento (Minnich, 1983; Minnich *et ál.,* 2000; Stephens y Fulé, 2005; Dunbar-Irwin y Safford, 2016; Rivera-Huerta *et ál.,* 2016).

La implementación de programas de manejo integral del fuego ha tenido resultados exitosos en el caso de la Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins (EESGT), en Brasil, reduciendo un 40-70 % la superficie de áreas quemadas por incendios al final de la estación seca en 2015 y 2016 respecto al periodo 2010-2014 (Barradas, 2017; Fidelis *et ál.,* 2018; Mistry *et ál.,* 2018).

La creación de una Sala Situacional temporal en el estado de Acre en Brasil permitió coordinar las acciones de monitoreo y de respuesta de los organismos estatales durante la crisis de sequía e incendios ocurrida en 2005, que generó un problema transnacional cuando el humo y las partículas alcanzaron la región de Pando (Bolivia) y Madre de Dios (Perú), lo que afectó a la salud de la población y al transporte (Brown *et ál.,* 2006). La Sala Situacional del estado de Acre fue establecida definitivamente en 2013 en la Secretaría Estatal de Medio Ambiente con un funcionamiento ininterrumpido durante los momentos de crisis.

La inclusión de comunidades indígenas, bomberos, actores institucionales y académicos en investigaciones y experimentos de campo sobre la dinámica del fuego, junto con la aplicación de conocimiento ancestral indígena Pemón sobre el uso del fuego, así como el debate y diálogo sobre temas socioecológicos del Parque Nacional Canaima en Venezuela permitieron el desarrollo de conocimiento articulado para la fundación de un nuevo paradigma de gestión del fuego denominado manejo intercultural y participativo del fuego (Bilbao *et ál.,* 2010; Rodríguez *et ál.,* 2013; Millán, 2015; Bilbao *et ál.,* 2017). Desde 2015, el trabajo para formular una política legítima de manejo de fuego intercultural y participativo en Venezuela se ha ampliado a través de la colaboración con instituciones y comunidades indígenas de regiones vecinas del Escudo Guayanés de Brasil y Guyana a través de la fundación de la Red Parupa del Manejo Intercultural y Participatovo del Fuego (Bilbao y Mistry, 2015; Eloy *et ál.,* 2018; Bilbao *et ál.,* 2019).

12.4.3. Actividades de adaptación autónoma

12.4.3.1. Manejo tradicional indígena del fuego

Investigaciones recientes muestran el papel fundamental de las prácticas de uso del suelo indígenas para controlar la deforestación y reducir las emisiones de CO_2. El análisis de imágenes satelitales sugiere que las tierras indígenas tienen tasas reducidas de deforestación y conversión de hábitats, y menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con áreas circundantes. En Bolivia, entre los años 2000 y 2010, solo el 0,5 % de cobertura boscosa de los territorios indígenas estaba deforestada, en comparación con el 3,2 % del resto de la Amazonia boliviana (Stevens *et ál.,* 2014). En otro estudio en la Amazonia brasileña se encontró que, entre 2000 y 2012, la pérdida de bosques fue de solo del 0,6 % dentro de los territorios indígenas en comparación con el 7 % de las áreas externas (Petersen y Stevens, 2014). En el Cerrado brasileño, las tierras indígenas experimentaron una menor conversión de hábitat durante 2002-2009 que los sitios aledaños sin protección (Carranza *et ál.,* 2014). Igualmente, en el sector indígena Pemón al oeste del Parque Nacional Canaima, Venezuela, las tasas de deforestación entre 1986 y 2006 fueron considerablemente menores (0,037 %) que en la zona de amortiguamiento no protegida de 10 km (-0,17 %) fuera del parque y que las tasas promedio nacionales de deforestación (-0,63 %) (Flantua *et ál.,* 2013).

En todos estos casos, los indígenas hacen uso de técnicas tradicionales de manejo del fuego, las cuales podrían ser herramientas útiles para encontrar soluciones prácticas para la gestión del fuego y adquirir lecciones y aprendizajes sobre cómo podría estructurarse e implementarse ampliamente una gobernanza ambiental, social y económicamente sustentable.

En América Latina, hay un interés creciente en comprender e incorporar el conocimiento local en el manejo del fuego como parte de los sistemas híbridos para la gestión regional del fuego, lo cual ha requerido de acciones destinadas al rescate cultural de los conocimientos tradicionales indígenas. Tal es el caso de programas realizados por instituciones públicas en los territorios indígenas Araguaia, Araribóia, Bakairi, Krahô, Paresi/Utiariti/Juininha, Porquinhos, Xerente, Xingu y en el territorio Quilombola de los kalungas de Brasil y en las comunidades indígenas Pemón del Parque Nacional Canaima en Venezuela, donde los ancianos se dedican a producir calendarios de incendios que forman parte de los planes de quema prescritos con fines de conservación, entre otras actividades (Bilbao *et ál.,* 2019). Las comunidades indígenas Pemón del Parque Nacional Canaima han participado también

en experimentos ecológicos que han contribuido a fortalecer y recuperar los conocimientos tradicionales sobre el fuego, y se han formado investigadores comunitarios indígenas, quienes realizan entrevistas a ancianos de la comunidad y documentan las prácticas ancestrales pemón en un libro bilingüe (en pemón y castellano) para transmitir esos conocimientos a los más jóvenes en las escuelas (Bilbao *et ál.,* 2010; Bilbao *et ál.,* 2017).

12.4.3.2. Otras iniciativas autónomas

Iniciativas del sector productivo

Los ganaderos de las zonas áridas de la Pampa argentina aplican quemas prescritas como una estrategia para recuperar la calidad forrajera de los pastos, proteger las poblaciones de árboles y disminuir el material combustible, previniendo así la ocurrencia de grandes incendios en los bosques de *Prosopis caldenia* Burkart, localmente llamado caldenal (Estelrich *et ál.,* 2005a, 2005b; Morici *et ál.,* 2009).

Docentes e investigadores de la Facultad de Agronomía de la UNLPam (Universidad Nacional de la Pampa) y otras instituciones realizan periódicamente charlas en jornadas y talleres para mostrar los beneficios y la necesidad de implementar esta técnica de manejo y conservación de los bosques en esta región sometida desde finales del siglo XIX a pastoreos abusivos de ganado doméstico y al control y extinción del fuego, dando como resultado la degradación del caldenal, el reemplazo de las especies nativas forrajeras por otras de menor calidad o exóticas y la ocurrencia de grandes incendios de severos impactos por la acumulación de material combustible en el tiempo (Estelrich *et ál.,* 2005a; Morici *et ál.,* 2009). Después de un largo periodo de reuniones entre productores, Gobierno, técnicos e investigadores, finalmente las quemas prescritas fueron aprobadas en el marco de la Ley nacional n.° 26.331 y la Ley provincial n.° 2.624 (decreto 1026/12; Disposición actualizada n.° 146/2018).

Aportes de las ONG

La Iniciativa Global para el Manejo del Fuego, lanzada en 2004 por la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (IUCN), The Nature Conservancy (TNC), el Foro Mundial para la Naturaleza (WWF) y el Centro de Investigación del Fuego de la Universidad de California, reconoció la necesidad de evaluar el estado de los regímenes del fuego en el mundo, diseñar estrategias efectivas de conservación y conformar una red global de colaboradores para abordar la cuestión del fuego como tema de conservación (Shlisky, 2007).

En distintos países de la RIOCC de Centro y Sudamérica, The Nature Conservancy ha impulsado el Programa para el Manejo del Fuego. Se han desarrollado actividades de asesoría técnica, intercambios, formación, investigación y formulación de estrategias para incentivar el uso planificado y adecuado del fuego como herramienta de conservación de la vegetación y prevención de incendios no deseados, atendiendo a problemas generados por los incendios en el contexto de los sistemas naturales y socioeconómicos en los que ocurren y evaluando, a la vez, el riesgo planteado por el fuego con el papel beneficioso que puede jugar en un área de conservación o región (Myers, 2006; Shlisky *et ál.,* 2008).

Asimismo, en Bolivia, la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) ha venido desarrollando programas integrales de sensibilización, monitoreo y alerta temprana en comunidades rurales afectadas por los incendios forestales en el Bosque de la Chiquitanía (Bosque Seco) y bosque amazónico (McDaniel *et ál.,* 2015; Devisscher *et ál.,* 2018; FAN, 2019; ver detalles en la sección de casos de estudio).

12.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Considerando que en todos los países de la región los incendios forestales son principalmente de origen antrópico, las políticas y actividades de adaptación y mitigación ante los efectos del cambio climático sobre este fenómeno deben basarse en el análisis y comprensión detallada de la realidad sociocultural de cada contexto específico, además de las variables ambientales. Los conflictos sociales y de uso del suelo en varios países de la región guardan una estrecha relación con la ocurrencia de incendios forestales que contribuyen a desplazar poblaciones indígenas y comunidades rurales de sus territorios tradicionales, empujándolas hacia la pobreza, la marginalidad o actividades ilegales. El desconocimiento de estas realidades puede afectar al desempeño de iniciativas de cooperación internacional multilateral o bilateral, como ha sido el caso del programa REDD+ en Paraguay y en otros países de Latinoamérica (Armenteras *et ál.,* 2015; Walcott *et ál.,* 2015).

La incorporación de las comunidades locales, científicos, técnicos y planificadores junto con la integración de distintos enfoques sectoriales (económicos, productivos, ambientales, territoriales) son estrategias indispensables en los procesos de diseño e implementación de instrumentos de adaptación y mitigación ante incendios forestales que sean viables y efectivos.

Para ello, se requiere superar las visiones del fuego como un elemento negativo a ser siempre excluido. En su lugar, es conveniente desarrollar aproximaciones que reconozcan y diferencien el rol del fuego en los distintos ecosistemas desde aquellos extremadamente susceptibles a los incendios (como los bosques húmedos o la vegetación de los páramos andinos) hasta aquellos altamente dependientes del fuego (como las sabanas o los bosques naturales de pinos o encinos). De igual forma, además de las prácticas de lucha contra los incendios, se requiere incorporar la perspectiva del uso y manejo planificado del material combustible de las áreas naturales y plantaciones, incluyendo la aplicación

de quemas controladas como herramientas de prevención y adaptación ante la ocurrencia de incendios forestales.

Este enfoque adaptativo para disminuir los riesgos de incendios forestales entra en conflicto con las políticas convencionales aplicadas para la conservación de la biodiversidad y de las cuencas en áreas protegidas, las cuales suelen oponerse a la aplicación de cualquier tipo de quema controlada en estas áreas, por lo que se requieren esfuerzos intersectoriales para armonizar los enfoques y métodos de trabajo de todas las instituciones involucradas.

En general, cualquiera de las medidas de adaptación debería dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Mundiales, del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que son un llamamiento universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad.

Varios de los objetivos se encuentran relacionados con las medidas de adaptación en el área de incendios:

- Obj. 2.4. Para 2030, garantizar sistemas sostenibles de producción de alimentos e implementar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, que ayuden a mantener los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, condiciones climáticas extremas, sequías, inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la tierra y calidad del suelo.
- Obj. 13.1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los peligros relacionados con el clima y los desastres en todos los países.
- Obj. 15.2. Para 2020, promover la implementación de la gestión sostenible de todos los tipos de bosques, detener la deforestación, restaurar los bosques degradados y aumentar sustancialmente la reforestación a nivel mundial.

12.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

No existe en la bibliografía mucha información con respecto al diseño o implementación de indicadores para cuantificar o monitorizar si las medidas de adaptación tomadas con respecto a los incendios forestales han sido efectivas, especialmente en el componente social.

En general, la reducción de las áreas afectadas por los incendios ha sido una de las medidas básicas para medir la eficacia de los planes de manejo en la región y la reducción de riesgos. España señala la reducción del área afectada debido a la efectividad de la lucha contra incendios (ver sección **12.3.1.9. Península Ibérica: España y Portugal** de este mismo capítulo). El problema de la aplicación de las políticas de exclusión en ecosistemas dependientes del fuego (como sabanas, bosques abiertos de pino/encino) es que, si bien resulta en una ganancia de carbono a corto plazo, a largo plazo incrementa los riesgos de incendios de gran magnitud y de pérdida episódica y catastrófica de carbono debido a la acumulación de biomasa seca combustible que alimenta los grandes incendios (Bilbao *et ál.,* 2009; Bilbao *et ál.,* 2010; Dunbar-Irwin y Safford, 2016; Rivera-Huerta *et ál.,* 2016). Por otro lado, centrarse en la superficie quemada como mejor indicador puede no ser efectivo en un contexto en el que el problema no es tanto cuántas hectáreas se queman sino cómo se queman, en particular en cuanto a las consecuencias de unos pocos grandes incendios o megaincendios (Moreira *et ál.,* 2020b).

Por otro lado, los resultados preliminares del programa Manejo Integral del Fuego (MIF; ver **caso de estudio 12.7.4** de Brasil), que consistía en reducir la superficie de incendios al final de la estación seca, fueron positivos e incluso más significativos en la reducción del porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero globales. Estos efectos han sido ya observados en la aplicación del programa de Manejo Integral del Fuego en áreas protegidas de vegetación de cerrado en Brasil, por lo que el Gobierno brasileño considera esta reducción de importancia estratégica y la incluyó en su Inventario Nacional de Emisiones 2016 (Mistry *et ál.,* 2018). Así, debido a la relación entre los procesos de combustión durante la quema de biomasa y la emisión de gases efecto invernadero, las estrategias de adaptación basadas en la realización de quemas prescritas, además de reducir la superficie de área quemada, presentan el beneficio de la reducción de gases de efecto invernadero (Russell-Smith *et ál.,* 2017).

12.7. Casos de estudio

En la **Figura 12.16** se presenta una caracterización breve de los casos de estudio que se desarrollan a continuación.

12.7.1. Evaluación de escenarios de riesgo y gestión forestal después de los incendios de Alvares (Portugal)

12.7.1.1. Síntesis

Después de los devastadores incendios ocurridos en Portugal durante 2017, las alianzas establecidas entre los propietarios de tierras de la Zona de Intervención Forestal (ZIF) de la Ribeira de Sinhel, municipalidad portuguesa de Alvares, el Centro de Estudios del Fuego del Instituto Superior de Agricultura (CEF/ISA) de la Universidad de Lisboa y el diario *Observador,* permitieron desarrollar trabajos científicos y técnicos de apoyo al diseño de acciones para la recuperación del territorio afectado y la reducción de vulnerabilidades futuras.

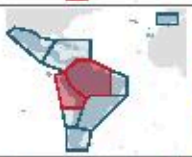
Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Evaluación de escenarios de riesgo y gestión forestal después de los incendios de Álvares (Portugal)	Portugal			Local		Nacional, subnacional
Cambios en la gestión pública después de los megaincendios de Chile (2017)	Chile			Subnacional		Supranacional, nacional, subnacional
Manejo comunitario del fuego en el Bosque Seco Chiquitano y la Amazonia de Bolivia	Bolivia			Subnacional		Supranacional, nacional, subnacional
Manejo Integral del Fuego en Tierras Indígenas de Brasil: la experiencia del Centro Especializado Prevfogo	Brasil			Subnacional		Supranacional, nacional, subnacional
Nuevos paradigmas del manejo integral del fuego en el Parque Nacional Canaima, Venezuela. Investigación-acción participativa para la integración de saberes indígenas y conocimiento científico y técnico institucional	Venezuela			Local	 *(originalmente autónoma, pero ahora está pasando a planificada)	Supranacional, nacional, subnacional



Figura 12.16. Descripción de los casos de estudio en función del tipo de adaptación, el ámbito geográfico, y los factores climáticos determinantes que incrementan el riesgo de incendios en la región.

Esta iniciativa ha permitido caracterizar los riesgos al fuego, evaluar la vulnerabilidad y exposición de la comunidad, elaborar protocolos de evacuación adecuados y proponer mejoras para una gestión forestal segura y sostenible, incluyendo planes de reforestación, de gestión forestal y redes de cortafuegos. Estas propuestas vienen acompañadas de análisis económicos y de viabilidad basados en estimaciones de producción de madera a futuro, así como de actividades de difusión y visibilidad.

La evaluación de escenarios de riesgo de incendios y el análisis de vulnerabilidad/exposición apoyan la implantación de opciones planificadas de uso del suelo con mejores niveles de resistencia/resiliencia ante grandes incendios, considerando la sostenibilidad económica y social de más de 3.000 pequeños y medianos propietarios de tierras en la zona.

12.7.1.2. Introducción

Los devastadores incendios ocurridos en el centro de Portugal a mediados de junio de 2017 (**Figura 12.17**), que ocasionaron 67 muertos, 250 personas heridas y afectaron alrededor de 40.000 ha de colinas y zonas rurales dedicadas a la plantación de eucaliptos y pinos para el suministro de madera a la industria papelera, generaron un profundo impacto en la sociedad y la opinión pública portuguesa.

En respuesta casi inmediata a este evento, los accionistas del diario digital portugués *Observador On Time* ofrecieron apoyo financiero por 60.000 euros al Centro de Estudios del Fuego del Instituto Superior de Agricultura (CEF/ISA) de la Universidad de Lisboa con el propósito de desarrollar investigaciones orientadas a reducir la vulnerabilidad al fuego en zonas rurales de Portugal. Poco tiempo después, un grupo de propietarios de la localidad de Alvares solicitaron el apoyo de este mismo centro para desarrollar un plan de manejo de las zonas afectadas por el fuego en esta localidad, donde los incendios consumieron más del 80 % del bosque, demostrando su disposición a continuar en el sitio a pesar de las dificultades experimentadas.

En el año 2009, los propietarios de las tierras de Alvares habían tomado la iniciativa de crear una Zona de Intervención Forestal (ZIF da Ribeira de Sinhel), asociación para la gestión colaborativa de 5.348,59 ha de tierras privadas, con un 91,43 % de cobertura boscosa artificial, con el fin de reducir el riesgo de incendios e intensificar el manejo la plantación. La ZIF reúne a 3.000 propietarios de parcelas, 50 de los cuales poseen el 30 % del área. La gran mayoría de propietarios (2.300) poseen menos de 3 ha cada uno. Tras el incendio de junio de 2017 los propietarios de Alvares estaban dispuestos a reimpulsar esta iniciativa.

12.7.1.3. Descripción del caso

Bajo el amparo del Centro de Conocimiento sobre Fuegos Rurales de la Universidad de Lisboa, se conformó un equipo multidisciplinario para atender la solicitud de la comunidad, enfocándose en las prioridades identificadas por los promotores de la ZIF. Los recursos donados por el diario *Observador* al Instituto Superior de Agronomía de la Universidad de Lisboa se destinaron a financiar el trabajo científico y técnico de apoyo a la reforestación de la localidad de Alvares, así como el diseño de acciones capaces de contribuir con la recuperación de las comunidades y del territorio, además de reducir sus vulnerabilidades futuras. El proyecto resultado de esta alianza voluntaria entre la comunidad, la academia y una empresa privada ha avanzado rápidamente en la ejecución de los siguientes componentes: a) infraestructura y seguridad, que incluye la caracterización de los riesgos del fuego en la localidad, evaluación de la vulnerabilidad y exposición de la comunidad, elaboración de protocolos de evacuación y evaluación de las propuestas de mejoras de la gestión forestal sobre los riesgos del fuego y exposición de la comunidad; b) propuesta de unso del suelo, gestión y sostenibilidad forestal, que incluye un plan de reforestación y de gestión

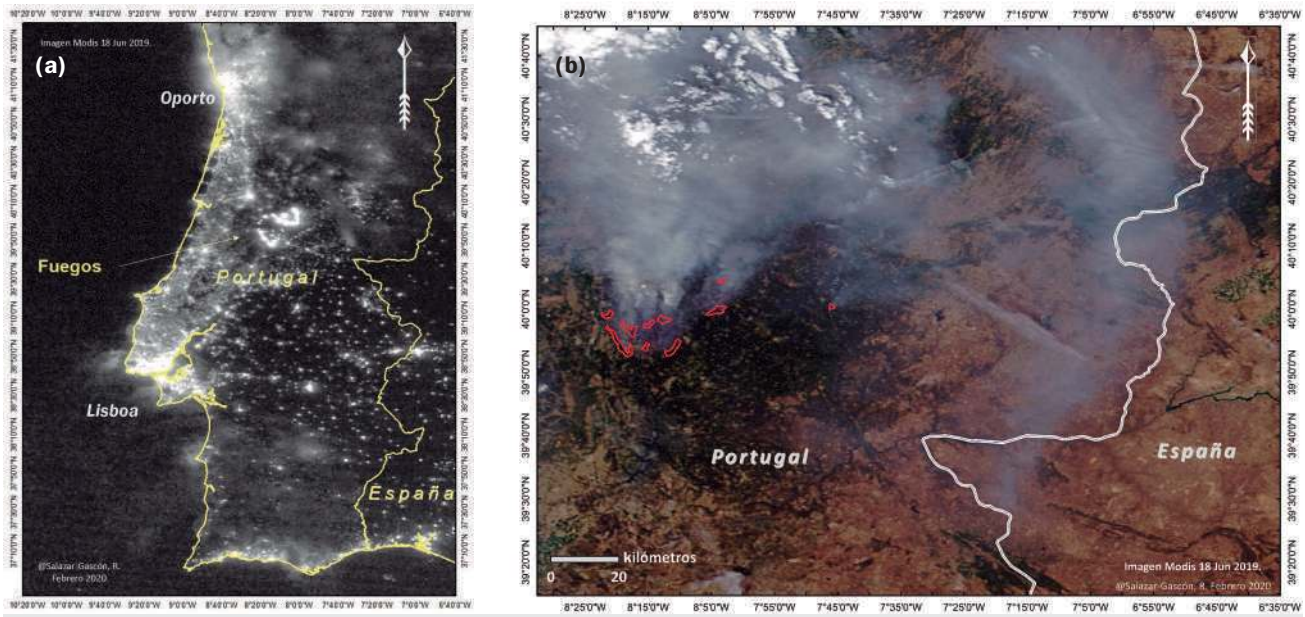


Figura 12.17. (a) El sensor Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) del satélite *Suomi-NPP* capturó una imagen nocturna del fuego a las 02.48 h (hora local), 01.48 h (UTC) el 19 de junio de 2017. (b) El sensor Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) del satélite *Terra* de la NASA capturó una imagen diurna de humo que se elevaba hacia el norte desde áreas del incendio activo en Portugal el 18 de junio de 2017. Fuente: Imágenes de NASA Earth Observatory 2017a, b.

forestal y una propuesta de una red de cortafuegos; c) análisis económico, análisis de viabilidad del plan de gestión propuesto y estimaciones de producción de madera, y d) difusión y visibilidad a través de la creación de una página web y la realización de talleres (en preparación).

12.7.1.4. Limitaciones e interacciones

El éxito de este proyecto dependerá de la disposición de los dueños de los bosques para implementar varios compromisos de gestión forestal individuales y colaborativos con la intención de reducir el material combustible y mitigar los incendios forestales. Este aspecto está siendo evaluado actualmente para poder identificar las preferencias de cada propietario, su lógica de manejo y sus percepciones del riesgo del fuego, considerando la naturaleza de los compromisos de gestión y administración colaborativa y el nivel de los incentivos financieros que se requieren, así como la productividad del bosque. Es esencial tener conocimiento sobre estas relaciones de dependencia para poder diseñar políticas, planes y acciones efectivas de manera que el conocimiento técnico actual se convierta en un manejo efectivo del bosque, basado en prácticas asumidas por los propietarios de las tierras, capaces de reducir el riesgo de incendios.

12.7.1.5. Lecciones identificadas

Entre los hallazgos alcanzados en el estudio de Alvares, que pueden ser extendidos a otras zonas afectadas de la Península Ibérica, resaltan los siguientes aspectos:

- Los cambios demográficos y en el uso del suelo en el último siglo condujeron a una indeseable y elevada incidencia de incendios, tras el abandono de las zonas rurales y un manejo inapropiado de los niveles de combustible de las plantaciones forestales.
- La evaluación de escenarios de riesgo de incendios y el análisis de vulnerabilidad/exposición apoyan la implantación de opciones planificadas de uso del suelo que ofrecen mejores niveles de resistencia/resiliencia ante grandes incendios. Estas opciones incluyen la creación de una estrategia de manejo de material combustible a escala del paisaje, incluyendo una red de cortafuegos a lo largo de las filas montañosas, cortafuegos periurbanos y tratamiento local del material combustible, así como la reducción del área boscosa y del área de plantaciones de eucalipto.
- La estrategia de manejo tiene costos razonables, y la reducción en la producción de madera ocasionada por la disminución del área de bosques puede ser compensada por el incremento de productividad debido a un manejo intensivo del recurso.
- La disposición de los propietarios de los terrenos a involucrarse en un proceso colaborativo y compartido de gestión, así como a aceptar compensaciones por potenciales pérdidas financieras está siendo evaluada.

12.7.2. Cambios en la gestión pública después de los megaincendios de Chile (2017)

12.7.2.1. Síntesis

Los incendios ocurridos en enero de 2017 en la región central de Chile, considerados como los más destructivos de la historia de ese país, representan un ejemplo de cómo las complejas interacciones entre distintos fenómenos y condiciones atmosféricas (sequía, altas temperaturas, persistencia de altas presiones en latitudes subtropicales del Pacífico y bajas presiones sobre la periferia antártica), exacerbados por los procesos de cambio climático global, pueden provocar incendios de magnitudes extraordinarias que sobrepasan las previsiones y capacidades convencionales empleadas históricamente en la prevención y control de incendios forestales.

Para hacer frente a este tipo incendios catastróficos, que serán cada vez más frecuentes, el paisaje forestal de la región central de Chile requiere de una urgente diversificación en el tipo de uso y cobertura. Las estrategias y acciones necesarias no solo deberían apuntar al manejo del combustible de bosques nativos, matorrales y plantaciones forestales, sino, y quizá más importante aun, a promover una configuración o arreglo del paisaje que acomode un mosaico de usos de suelo forestal y agropecuario. Los esquemas de silvicultura relativamente simples y poco diversificados aplicados en las grandes y continuas extensiones de plantaciones artificiales monoespecíficas, con especies altamente inflamables, contribuyeron a incrementar la magnitud de los siniestros, por lo que se requiere urgentemente la adopción de una gestión territorial integrada que diversifique el paisaje ambiental, económico y cultural de manera que disminuya la vulnerabilidad de los recursos y las poblaciones humanas. Ante las perspectivas de los escenarios previstos por el cambio climático en los próximos años, la experiencia de los megaincendios en Chile muestra la urgente necesidad que tienen las naciones de adoptar cambios sustantivos en los mecanismos y estrategias de prevención y mitigación al cambio del régimen de incendios. Por tanto, continuar promoviendo programas de reforestación que favorecen plantaciones con una única especie, que aumenta el riesgo de incendios, es una estrategia claramente errada que tendrá fuertes consecuencias ambientales y sociales.

12.7.2.2. Introducción

La escala convencional de medición de la intensidad total de los incendios forestales fue insuficiente para describir

las características del complejo de incendios ocurridos en enero de 2017 en las regiones chilenas de O'Higgins, Maule y Bío-Bío (**Figura 12.18**). Los incendios, considerados los más destructivos de la historia del país, dejaron un saldo de 11 personas fallecidas, 1.551 propiedades quemadas, 6.162 damnificados, la destrucción total de localidades como Santa Olga, donde fueron consumidas completamente unas 1.000 casas, y millonarias pérdidas económicas y materiales junto a un profundo daño ambiental (**Figura 12.19**; Bañales *et ál.,* 2018; Bowman *et ál.,* 2018).

En las primeras 14 horas, el incendio desatado en el sector Las Máquinas en la región del Maule afectó a 115.000 ha, avanzando unos 6 km/h, con una intensidad promedio de energía de 60.000 kW/m, diez veces el valor de referencia máxima de la escala (nivel 5) de capacidad de extinción de fuego a nivel mundial conocida a la fecha. Fue tal su magnitud que calcinó íntegro el pueblo de Santa Olga y alteró el comportamiento de los patrones de temperatura y humedad en todo Chile Central, llegando su influencia hasta la isla Robinson Crusoe a 667 km de la costa de Chile (De la Barrera *et ál.,* 2018). Esta tormenta de fuego fue catalogada como de sexta generación, la primera de este tipo registrada en el mundo, ya que adicionalmente a las características de continuidad de combustible, rapidez de propagación, alta intensidad energética, daño a zonas urbanas y simultaneidad de ocurrencia, el incendio de Las Máquinas tuvo la capacidad de modificar las condiciones de la atmósfera a escala continental (EUCP, 2017).



Figura 12.18. Megaincendios en las regiones de O'Higgins y Maule en la zona central de Chile. Imagen satelital tomada el 27 de enero de 2017. Los fuegos activos detectados por bandas termales MODIS se indican en rojo. Fuente: imágenes de NASA Earth Observatory (2017).



Figura 12.19. Poblado de Santa Olga, región del Maule, Chile, destruido completamente por uno de los megaincendios del verano de 2017. Fuente: Fotografía de Mauro E. González, tomada en abril de 2017.

12.7.2.3. Descripción del caso

Varios factores confluyeron para dar lugar a la situación de megaincendios. Siete años continuos de sequía severa antecedieron a esta temporada de incendios, lo que provocó un elevado estrés hídrico en la vegetación y una disminución crítica de la humedad del voluminoso material combustible (Garreaud *et ál.,* 2017). El mes de enero de 2017 fue el más caluroso registrado en Chile; los días 26 y 27 de enero, durante el apogeo del incendio de Las Máquinas, se registraron temperaturas máximas históricas de 35,2 °C hasta 41,5 °C en diversas localidades, escasa nubosidad y vientos cálidos de gran velocidad (CONAF, 2017).

Estos fenómenos climáticos derivaron del comportamiento de varios patrones sinópticos y oceánicos observados entre diciembre de 2016 y enero de 2017 que incidieron en la zona central de Chile, como el debilitamiento del Anticiclón Subtropical del Pacífico, el descenso de masas de aire cálido de la alta tropósfera que reforzó el flujo del anticiclón, el desplazamiento hacia el sur de la vaguada costera, el aumento de la temperatura superficial del mar en la costa y el arrastre de aire cálido y humedad por el fenómeno Alta de Bolivia situado más al sur de su posición normal y bajas presiones en la tropósfera del Pacífico Sur (De la Barrera *et ál.,* 2018). La situación de bloqueo anticiclónico entre las altas presiones del Pacífico y la cordillera de los Andes durante los días precedentes habría acumulado energía para desencadenar los acontecimientos en la tarde noche del 25 al 26 de enero de 2017 en Las Máquinas, cuando un frente de avance del fuego que alcanzó los 42 km de ancho se propagó velozmente. Según datos experimentales de simulación, esta propagación se correspondería con vientos de convección de 100-130 km/h generados por la misma tormenta, muy superiores a los 20-30 km/h registrados por estaciones meteorológicas locales (EUCP, 2017). Este caso

muestra la envergadura que pueden alcanzar los incendios bajo escenarios de cambio climático global.

Los incendios de enero y febrero de 2017 afectaron a territorios destinados en las últimas décadas a usos productivos agrícolas y forestales. Del total de 477.508 ha afectadas entre las regiones de O'Higgins y Bío-Bío, el 94 % corresponden a formaciones vegetales (plantaciones, arbolado, matorrales, pastizales), de las cuales el 57 % (274.146 ha) son plantaciones forestales principalmente de *Pinus radiata,* en su mayoría propiedad de grandes empresas, el 14 % (67.377 ha) son bosques nativos y el 18 % (85.766 ha), matorrales de distinta densidad. Esto indica que las grandes extensiones de monocultivos con esquemas de silvicultura relativamente simples y poco diversificados, con especies altamente inflamables como el pino, son muy vulnerables a los incendios y contribuyen a incrementar la magnitud de los siniestros (Gómez-González *et ál.,* 2019).

12.7.2.4. Limitaciones e interacciones

Expertos de la Unión Europea (EUCP, 2017) señalaron que «las características intrínsecas de las masas forestales predominantes en las zonas afectadas han sido un factor coadyuvante en la generación del fenómeno», proponiendo como medidas de mitigación la generación de mosaicos en el paisaje y la recuperación y el fomento de actividades tradicionales agrarias para contribuir a diversificar el uso de las tierras productivas. Asimismo, recomiendan reducir la vulnerabilidad de las plantaciones mediante la ordenación de las masas forestales —que implica promover un mosaico con especies, edades y densidades distintas—, avanzando simultáneamente en la apertura y mantenimiento de la red de infraestructuras de prevención definidas en los respectivos planes de desarrollo de las plantaciones.

La variabilidad y cambio climático asociado a veranos más cálidos, secos y extensos en el centro sur de Chile estarían amplificando la vulnerabilidad y riesgo de incendios de los bosques nativos y plantaciones en Chile (González *et ál.,* 2011; González *et ál.,* 2020). La intensa y prolongada sequía (megasequía) que afectó al territorio chileno en 2010-2015 (CR2, 2015; Garreaud *et ál.,* 2017) extendió la duración de la temporada de incendios de siete meses a todo el año y ocasionó el aumento de los incendios de gran magnitud (superiores a 200 ha) y de la superficie quemada, resultando en pérdidas directas y un gasto en prevención y control superior a 100 millones de dólares anuales (González *et ál.,* 2018).

12.7.2.5. Lecciones identificadas

Después de la «tormenta de fuego», en un marco de intenso debate de las causas que generaron este desastre, comenzaron a reconsiderarse las políticas de desarrollo forestal chilenas, partiendo de una visión de conjunto más detallada, que afina y precisa cómo se deben establecer, desarrollar y gestionar las plantaciones considerando «…una estructura espacial que asegura la discontinuidad del combustible, el manejo adecuado de la interfaz urbano-rural, el respeto de las comunidades indígenas, el reconocimiento de la funcionalidad ecológica que estas tienen para las áreas en que se establecen y un manejo apropiado para proteger la calidad y cantidad de las aguas que generan las cuencas…», con la participación conjunta de pequeños y medianos productores y el Estado, para establecer «…plantaciones con elevados estándares de manejo» (Gobierno de Chile, 2017).

Las autoridades nacionales iniciaron el proceso para transformar la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en un servicio público para fortalecer su capacidad de control. El gran desafío para las autoridades ambientales consiste en superar una estructura administrativa del Estado eminentemente sectorial y compartimentada, e incorporar una perspectiva transversal para la gestión ambiental integrada, lo que requiere altos grados de coordinación y cooperación institucional (Universidad de Chile, 2016).

12.7.3. Manejo comunitario del fuego en el Bosque Seco Chiquitano y la Amazonia de Bolivia

12.7.3.1. Síntesis

La experiencia de la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) en Bolivia muestra cómo las ONG pueden promover la inclusión de las comunidades en experiencias locales de manejo del fuego y el fortalecimiento de las capacidades de las instituciones competentes, contribuyendo a la prevención de incendios y a la conservación de la vegetación.

La promoción de buenas prácticas en torno al manejo del fuego mediante el establecimiento de un sistema de organización, planificación y coordinación a nivel comunal e intercomunal, junto con el uso de un sistema de monitoreo y alerta temprana de riesgos de incendios forestales, permite generar y difundir información oportuna para orientar la toma de decisiones en las distintas etapas de la gestión de incendios forestales a través del pronóstico y alerta temprana de riesgos de incendios, la detección y monitoreo de focos de calor, y la evaluación de áreas quemadas y daños ocasionados por el fuego. La realización de capacitaciones periódicas en el uso de sistemas de información geográfica para el monitoreo de bosques e incendios forestales dirigidas a técnicos de instituciones gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil contribuye a fortalecer las capacidades institucionales locales.

12.7.3.2. Introducción

En las últimas décadas los incendios forestales se han constituido en una de las principales amenazas para la conservación de los bosques de Bolivia (**Figura 12.20**) y la biodiversidad que albergan, ocasionando daños ambientales,

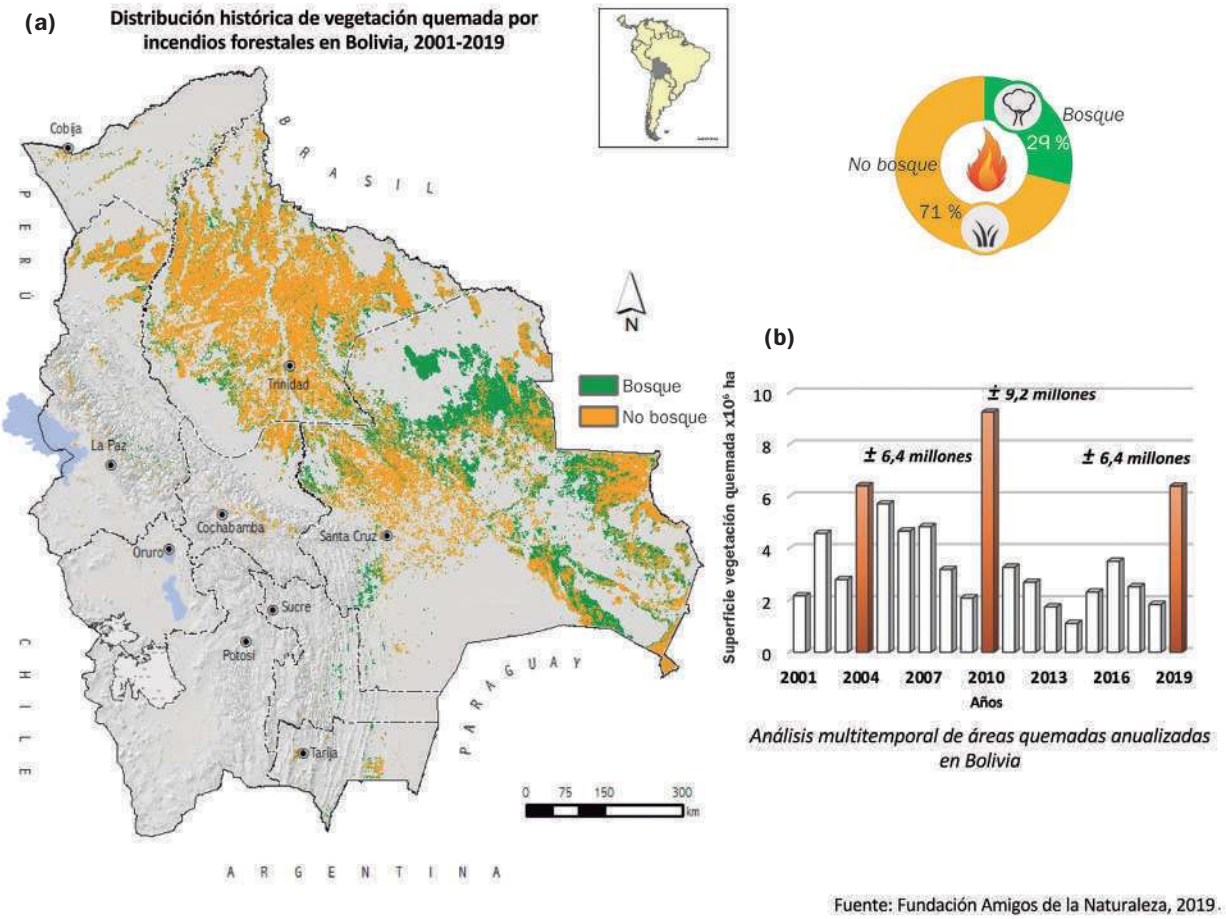


Figura 12.20. (a) Mapa de distribución de las superficies afectadas por tipo de vegetación en Bolivia. Las áreas en verde corresponden a la superficie afectada por el fuego en zonas de bosque y las áreas en amarillo, a la superficie afectada por el fuego en pastizales y otros tipos de vegetación rala; (b) superficie anual afectada por el fuego (x 106 ha) en Bolivia para el periodo 2001-2019. Fuente: modificado a partir de FAN, 2019a.

económicos y a la salud humana. Estos impactos son especialmente sentidos en poblaciones rurales cuyos medios de vida dependen de los recursos naturales y se encuentran más expuestas y vulnerables ante este tipo de eventos.

Las actividades agrícolas tradicionales o chaqueos junto con la agricultura mecanizada y la ganadería son señaladas como las principales causas asociadas al origen de los incendios que afectan mayormente a las pampas naturales, los bosques amazónicos y el Bosque Seco Chiquitano en los departamentos de Santa Cruz y Beni. En el año 2010 se registró la temporada de incendios más extrema que ha sufrido el país, cuando la superficie quemada alcanzó casi 10 Mha en todo el territorio nacional.

A las presiones generadas por la expansión de la frontera agrícola y el crecimiento demográfico se suman los efectos ya evidentes del cambio climático, con condiciones más cálidas y secas que aumentan los riesgos de las quemas e incendios forestales.

12.7.3.3. Descripción del caso

En el año 2011, la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN) junto con socios locales inició la implementación de una iniciativa piloto de manejo comunitario del fuego y adaptación al cambio climático en la región conocida como Bosque Chiquitano, que se extiende a lo largo de un corredor de áreas protegidas en los municipios de San José de Chiquitos y Roboré, del departamento de Santa Cruz. Esta iniciativa abarcó un total de 36 comunidades indígenas y campesinas y 3 colonias menonitas asentadas en los alrededores de las áreas protegidas. En el año 2013 la iniciativa fue replicada en la región del norte amazónico de Bolivia, trabajando con 20 comunidades del municipio de Riberalta, en el departamento del Beni, y a partir de 2016 se extendió a 5 comunidades de Puerto Gonzalo Moreno, en Pando (**Figura 12.21**).

A través de estas iniciativas se promueve el desarrollo de la investigación, herramientas y capacidades para fortalecer la



Figura 12.21. (a) Planificación participativa para el ordenamiento territorial comunal, Comunidad indígena Quitunuquiña, Roboré, Bolivia; (b) indicación de las condiciones de riesgo de incendios en la comunidad Puerto Chacobo, municipio Riberalta, Bolivia; (c) retorno de bomberos forestales de las tareas de combate de incendios forestales en el valle de Tucabaca, Unidad de Conservación del Patrimonio Natural Tucabaca, Roboré, Bolivia. Fuente: fotografías a y b, de Carlos Pinto; fotografía c, de Evaldo Guzmán.

gestión de incendios forestales, de forma participativa y concertada con las comunidades e instituciones competentes, bajo un enfoque de manejo comunitario del fuego, integrando acciones orientadas a la prevención y la preparación para el combate y control de incendios forestales y el uso adecuado del fuego con fines agrícolas o ecológicos.

Las intervenciones han consistido en la promoción de buenas prácticas en torno al manejo del fuego mediante el establecimiento de un sistema de organización, planificación y coordinación a nivel comunal e intercomunal. Esto ha involucrado la conformación de 15 comités intercomunales de manejo del fuego y 40 brigadas de primera respuesta a incendios forestales, capacitaciones en quemas controladas y combate de incendios, la implementación de un sistema de alerta temprana a nivel comunitario, el trabajo coordinado con instituciones competentes para difundir la aplicación de la normativa sobre desmontes y quemas en comunidades, y el apoyo a la elaboración e implementación de calendarios de quema y planes de manejo del fuego a nivel comunitario.

También se han implementado medidas de protección contra incendios, como la habilitación de fajas de control en comunidades de Riberalta y la primera experiencia de quemas preventivas dentro del área protegida Reserva de Vida Silvestre Tucabaca para reducir los riesgos de propagación del fuego hacia sitios de alta importancia de conservación, una medida que ha sido replicada por la Gobernación de Santa Cruz dentro del Programa Departamental de Manejo del Fuego.

Asimismo, como parte de estas iniciativas, FAN ha desarrollado un sistema de monitoreo y alerta temprana de riesgos de incendios forestales SATRIFO (SATRIFO, 2019), que está en funcionamiento desde el año 2011, mediante el cual se genera y difunde información clave y oportuna para orientar la toma de decisiones en las distintas etapas de la gestión de incendios forestales: antes, a través del pronóstico y alerta temprana de riesgos de incendios; durante, por medio de la detección y monitoreo de focos de calor; y después, con la evaluación de áreas quemadas y daños ocasionados por el fuego.

12.7.3.4. Limitaciones e interacciones

El trabajo desarrollado ha ido acompañado de un proceso de fortalecimiento de capacidades institucionales locales, con capacitaciones periódicas en el uso y manejo de sistemas de información geográfica para el monitoreo de bosques e incendios forestales, impartidas a técnicos de más de 40 instituciones gubernamentales competentes y organizaciones de la sociedad civil vinculadas con la temática.

Con estas iniciativas se ha logrado articular la participación y colaboración entre distintos actores y sectores involucrados tanto en las causas como en la gestión de incendios forestales, desde la escala comunitaria hasta la regional y nacional. Las comunidades locales han asumido un rol activo en el manejo del fuego para reducir los riesgos y amenazas de los incendios forestales hacia sus medios de vida y la biodiversidad que los sustenta. Esto ha trascendido también hacia el desarrollo de estrategias sinérgicas para el manejo y conservación de los recursos naturales, la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático.

12.7.3.5. Lecciones identificadas

Los desafíos actuales frente a escenarios de una expansión acelerada de la frontera agropecuaria y mayores riesgos climáticos en países como Bolivia demandan un verdadero cambio de paradigma en la política nacional para encarar la gestión de los incendios forestales, donde aún persiste un enfoque centrado en el combate y supresión del fuego. Esto requiere una mayor articulación de esfuerzos entre todos los niveles del Estado y sectores de la sociedad civil, que resulten en políticas públicas coherentes con una visión integral en la gestión del territorio y los bosques para construir paisajes y comunidades más resilientes. Los resultados de las iniciativas comunitarias promovidas por ONG tales como FAN representan una oportunidad de identificar y promover buenas prácticas que sirvan de referencia a la hora de definir o revisar estrategias de alcance nacional. Se requieren esfuerzos adicionales para propiciar el trabajo colaborativo y entender la lógica, necesidades, capacidades, alcances y limitaciones propias de los distintos actores sociales (comunidades, sector productivo, ONG, instituciones de gobierno) y niveles de acción territorial (local, regional, nacional) para la definición de políticas ajustadas a cada situación.

12.7.4. Manejo Integral del Fuego en Tierras Indígenas de Brasil: la experiencia del Centro Especializado Prevfogo

12.7.4.1. Síntesis

Ante la magnitud de los esfuerzos humanos, tecnológicos y económicos que representa combatir los incendios forestales en los extensos territorios indígenas de Brasil, el uso del conocimiento indígena para la aplicación de quemas prescritas y la inclusión de los habitantes autóctonos como brigadistas han resultado ser técnicas de Manejo Integral del Fuego muy eficientes y eficaces para la prevención de incendios forestales en los territorios Indígenas de ese país.

Superando los prejuicios aún existentes, la experiencia adelantada por el Centro Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales – Prevfogo/IBAMA en las tierras indígenas ha contribuido a impulsar cambios significativos en las políticas de exclusión y combate del fuego tradicionalmente empleadas en Brasil.

12.7.4.2. Introducción

El Centro Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales – Prevfogo/IBAMA fue creado en 1989 tras los grandes incendios ocurridos en el estado de Roraima. Estos incendios expusieron la necesidad urgente de dotar a Brasil de una estructura y estrategias adecuadas para la prevención y combate de incendios forestales.

Los programas iniciales de Prevfogo respondían a una filosofía de *Fogo Zero* (Fuego Cero) y estaban destinados a combatir y excluir el fuego de las sabanas y a «educar» a los pobladores de los territorios indígenas sobre los efectos negativos del fuego. En aquel momento, no se tenía una comprensión real de los beneficios de las prácticas ancestrales indígenas de uso del fuego para el manejo y sostenibilidad de las sabanas. Por el contrario, los indígenas eran señalados como «incendiarios tenaces», causantes de los grandes incendios.

En el año 2002, Prevfogo inició el Programa de Brigadas de prevención y combate de incendios forestales, mejorando significativamente la capacidad del país de prevenir y responder a los incidentes de fuego. Sin embargo, las estrategias de supresión y combate de incendios comenzaron a generar problemas de acumulación de material combustible, creando condiciones para incendios de gran magnitud.

Estas políticas, aunadas al incremento de la sequía, los profundos cambios socioculturales y al abandono de prácticas tradicionales de subsistencia de muchas comunidades indígenas, se tradujeron en incrementos en la ocurrencia de incendios de alta intensidad y la superficie de las áreas afectadas, así como de los costos de inversión de las actividades de combate de incendios, que han alcanzado millones de dólares por año.

Considerando la gran extensión territorial de Brasil (8,5 millones km^2) y de sus territorios indígenas, que ocupan el 13,8 % del país y cuentan con 896.917 habitantes pertenecientes a 305 grupos étnicos, se hizo evidente la necesidad de un cambio de paradigma respecto al manejo del fuego.

12.7.4.3. Descripción del caso

En 2007, cuando las comunidades de la etnia Paresi se negaron a implementar estrategias de protección contra los incendios forestales basadas en las políticas de Fuego Cero, los técnicos de Prevfogo comenzaron a investigar y sistematizar información junto con los pueblos indígenas sobre el uso indígena del fuego para el manejo del cerrado (**Figura 12.22**). Este trabajo, denominado Rescate del Uso Tradicional del Fuego, permitió algunos aprendizajes, entre los que destacan los siguientes: (i) el conocimiento tradicional reside principalmente en los ancianos de estas comunidades, quienes no poseen condiciones para manejar grandes extensiones del territorio; (ii) muchos de los jóvenes son asalariados y no tienen el tiempo ni el conocimiento necesario para el manejo de su territorio, y (iii) el personal técnico de Prevfogo no dominaba las técnicas de quemas prescritas.

Tomando esto en consideración, se adelantaron varias iniciativas. A partir de 2013, el Programa Brigadas Federales permitió la capacitación, equipamiento y remuneración de jóvenes indígenas, formando brigadistas para la realización de actividades de manejo del fuego, incluyendo quemas prescritas. En el periodo 2014-2017, se ejecutó el Programa Cerrado Jalapão (Cooperación Brasil-Alemania) para brindar a los técnicos de Prevfogo y los brigadistas capacitación para realizar actividades de rescate del conocimiento tradicional del uso del fuego y ejecución de las quemas. El proyecto piloto desarrollado en tres áreas protegidas ubicadas al norte del Cerrado contribuyó a (i) cambiar la temporada de quemas prescritas en las áreas protegidas, reduciendo las áreas afectadas por los incendios forestales en temporadas de sequía tardía; (ii) proteger la vegetación sensible al fuego, como los bosques ribereños, de los incendios forestales; (iii) mejorar las habilidades de toma de decisiones y manejo del fuego del personal de las áreas protegidas, y (iv) dis-



Figura 12.22. (a) Cacique Paresi defendiendo el uso del fuego en el Cerrado; (b) integración de conocimiento técnico y tradicional; (c) indígenas Irantxe planificando la ejecución de las quemas; (d) una de las primeras actividades de rescate del conocimiento tradicional.
Fuente: fotografías de Rodrigo de Moraes Falleiro.

minuir los conflictos entre la Administración de las áreas protegidas y las comunidades locales.

En el año 2015, se realizaron las primeras quemas prescritas en tierras indígenas, incorporando el conocimiento indígena sobre el manejo del fuego. Desde entonces, el uso de las quemas prescritas viene ampliándose y el área afectada por incendios se ha reducido en estos territorios nuevamente manejados de modo tradicional, como puede verse en la **Figura 12.23.**

Los beneficios obtenidos hasta ahora del manejo integral del fuego son el mantenimiento de las prácticas tradicionales de manejo del fuego, seguridad alimentaria para las comunidades (caza y frutos), mejora de la relación entre los brigadistas y las comunidades indígenas (quienes han aprobado estas iniciativas, convirtiéndose en socios y protagonistas del programa), reducción de los costos de combate y disminución de los incendios de gran magnitud y del área afectada por incendios.

Los resultados preliminares recabados por los brigadistas indígenas muestran que las quemas prescritas son eficientes para proteger las áreas de sabana contra los incendios forestales. La mortalidad de árboles adultos y los daños de la quema en las copas de los árboles son menores que los daños causados por los incendios, lo que da lugar a una menor pérdida de flores y frutos por el fuego, así como un retorno más rápido a la fase reproductiva. También se verificó una productividad de frutos mayor en las áreas manejadas, resultando en más recursos alimentarios para las comunidades y para la fauna.

12.7.4.4. Limitaciones e interacciones

La implementación del manejo tradicional sigue en desarrollo como proceso de aprendizaje continuo y fortalecimiento de capacidades técnicas, involucrando múltiples organismos gubernamentales (nacionales y locales), por lo que la construcción del marco de articulación interinstitucional es fundamental para mejorar las acciones de cooperación, necesarias para la efectividad del programa.

12.7.4.5. Lecciones identificadas

Estas experiencias han permitido avanzar en la formulación de un proyecto de ley que sustituya las políticas de prevención y combate de incendios forestales por una política de Manejo Integral de Fuego, promoviendo la articulación interinstitucional para reducir los daños generados por los incendios forestales y restaurando la importancia del fuego como un agente ecológico y cultural. El proyecto de ley fue elevado ante el Congreso Nacional a finales de 2018.

Para Prevfogo, el próximo desafío es impulsar acciones que permitan reunir en estrecha conexión a los pueblos indígenas y sus conocimientos con los conocimientos científicos para la elaboración de las estrategias y políticas nacionales y locales.

12.7.5. Nuevos paradigmas del manejo integral del fuego en el Parque Nacional Canaima, Venezuela. Investigación-acción participativa para la integración de saberes indígenas conocimiento científico y técnico institucional

12.7.5.1. Síntesis

La inclusión y participación efectiva de las comunidades indígenas junto con las instituciones responsables es una estrategia esencial para el diseño e implementación exitosa

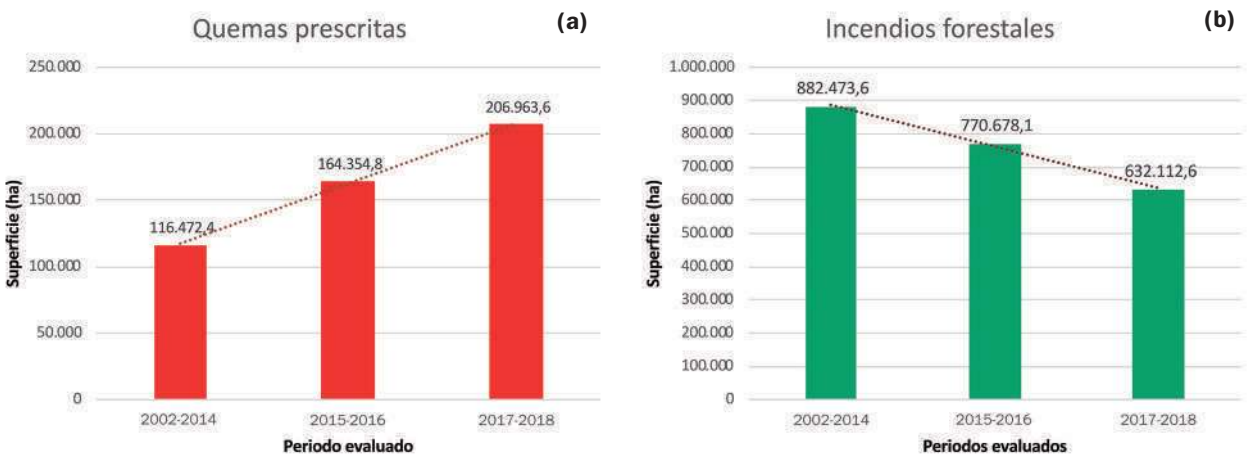


Figura 12.23. (a) Incremento de quemas prescritas y (b) reducción de los incendios en las áreas manejadas por las brigadas indígenas del programa Prevfogo/IBAMA en tierras indígenas de Brasil en Araguaia, Xerente, Funil, Kraholândia, Paresi, Utiariti, Juininha, Bakairi y Kalunga. Fuente: elaboración propia.

de políticas y acciones de manejo del fuego y planes de mitigación y adaptación al cambio climático.

Los conocimientos sobre la dinámica local de los fenómenos ambientales y del comportamiento del fuego que forman parte del acervo cultural de las comunidades indígenas, junto con los resultados de procesos de investigación y monitoreo rigurosos de largo plazo pueden sentar las bases de planes de manejo del fuego efectivos que minimicen las vulnerabilidades locales, sean social y culturalmente viables y promuevan la equidad y justicia social en pueblos indígenas.

12.7.5.2. Introducción

El Parque Nacional Canaima (PNC), localizado en el Escudo Guayanés venezolano, es el sexto en la región de países RIOCC por su extensión (30.000 km^2). La vegetación dominante es un mosaico de bosques húmedos y sabanas, que crecen sobre suelos ácidos y pobres en nutrientes. Esta área natural protegida, declarada Patrimonio de la Humanidad en 1994, posee paisajes y características geológicas singulares, alta biodiversidad y endemismo, así como un gran valor cultural por la presencia de sus habitantes originales, el pueblo indígena Pemón. Tiene también un gran valor estratégico, ya que comprende las cabeceras del río Caroní, proveedor del 70 % de energía hidroeléctrica nacional.

A pesar de las limitaciones de fertilidad del suelo, las comunidades indígenas, con su cultura milenaria, han mantenido un manejo sostenible de los recursos naturales basado en el uso del fuego aplicado en la agricultura migratoria y otras actividades de subsistencia. Debido a los cambios socioculturales y demográficos experimentados por los pobladores indígenas desde el siglo xx (Bilbao *et ál.,* 2009; Bilbao *et ál.,* 2010), así como al creciente incremento de la sequía y otros cambios en el clima reportados por los habitantes indígenas del parque (Bilbao *et ál.,* 2019) y registros meteorológicos de CORPOELEC, se ha observado una mayor incidencia de incendios y vulnerabilidad de los bosques que pone en riesgo tanto a los ecosistemas como al bienestar humano en el PNC (Leal *et ál.,* 2018; Salazar-Gascón *et ál.,* 2018). Como respuesta, en 1980, la compañía hidroeléctrica nacional CORPOELEC (anteriormente EDELCA) creó un programa para la supresión y combate del fuego, enmarcado en una política de exclusión del fuego en la región para proteger y conservar los bosques de la cuenca del Caroní. No obstante los grandes esfuerzos y la alta inversión de recursos humanos y equipo técnico, solo el 13 % de los incendios pueden ser efectivamente combatidos. Este programa ha tenido también costos sociales derivados del conflicto histórico por el uso del fuego con las comunidades Pemón, denominadas despectivamente «Quemón» por los criollos, quienes culpan a estos indígenas de los incendios en el parque (Rodríguez *et ál.,* 2013; Bilbao *et ál.,* 2017).

12.7.5.3. Descripción del caso

En 1999, como parte de un proyecto multidisciplinar financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Venezuela, investigadores de la Universidad Simón Bolívar y otras instituciones iniciaron un experimento de fuego a largo plazo con el objetivo de entender la verdadera dinámica del fuego en la región, evaluando su comportamiento y efectos bajo diferentes tratamientos de frecuencia y época de quema durante la estación seca (Bilbao *et ál.,* 2009; Bilbao *et ál.,* 2010; Bilbao *et ál.,* 2017; Russell-Smith *et ál.,* 2017). Los experimentos se realizaron simulando las prácticas indígenas de quema en un gradiente sabana-bosque, zona donde se inicia el 70 % de todos los incendios, conjuntamente con miembros de la comunidad indígena y de las brigadas contraincendios de CORPOELEC. Los resultados revelaron una gran variabilidad en el comportamiento del fuego (81 % con respecto a la intensidad del fuego), que generaron condiciones heterogéneas en la acumulación de biomasa (176-1271 gm^{-2}) y la proporción tejido vivo/muerto (0,36-3,60), así como una alta abundancia y diversidad de especies en las parcelas expuestas al fuego. Contrariamente, las parcelas excluidas del fuego mostraron una creciente tendencia a la ocurrencia de fuegos de gran intensidad debida a la alta acumulación de material combustible homogéneo, continuo, muerto y seco.

Estos resultados proveyeron evidencias ecológicas para la creación de mosaicos en áreas de sabana, conformados por parches con diferentes historias de fuego (PMB, del inglés *patch mosaic burning*), que sirven de cortafuegos y evitan la ocurrencia y propagación de grandes incendios. Estos mosaicos coinciden con los patrones producidos por las prácticas ancestrales Pemón, basados en quemas cooperativas que realizan en diferentes periodos y años en áreas de sabana, especialmente en la cercanía de los bosques, para protegerlos de la entrada del fuego (**Figura 12.24**). Todo esto evidenció lo inapropiado de las políticas de exclusión del fuego y la necesidad de un cambio de paradigma por parte de los administradores del PNC.

La comunicación de estos resultados produjo un gran impacto tanto en las comunidades indígenas Pemón, quienes recibieron complacidas el reconocimiento de la importancia de sus saberes ancestrales en la reducción de incendios y la conservación de los ecosistemas de la Gran Sabana, como en los administradores y otros actores que hacen vida en el parque, quienes comprendieron la necesidad de reformular sus estrategias de manejo del fuego y planes de conservación en la región.

Como resultado, se han conformado brigadas comunitarias locales para apoyar la implementación de un plan de manejo seguro del fuego, así como para dar respuesta inmediata ante incendios, garantizando el equipamiento adecuado y la capacitación permanente de las mismas. Igualmente, se han iniciado intercambios prácticos de campo, durante los cuales los ancianos de las comunidades indígenas enseñan a los bomberos forestales el manejo ancestral del fuego, y los bomberos forestales facilitan conocimientos sobre control y supresión del fuego en caso de que las quemas se salgan de control. Por último, se acordó retomar y promover la incorporación de las prácticas ancestrales de manejo del fuego en la vida cotidiana de la comunidad.

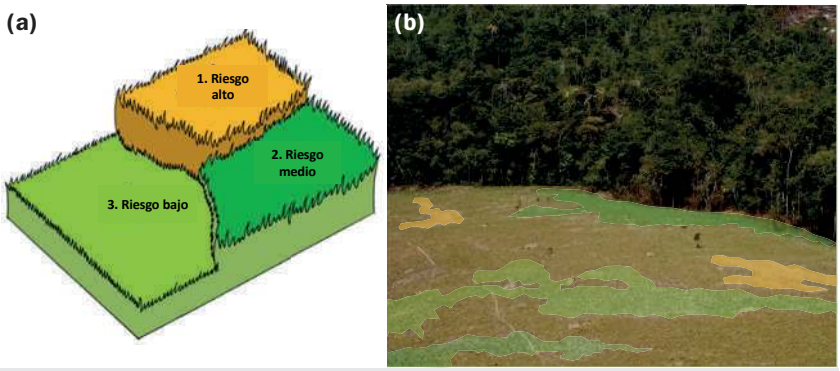


Figura 12.24. (a) Diagrama de quemas en mosaico de parches con distintas historias de quemas, modificado de Bilbao *et ál.* (2010). El diagrama indica los resultados de los experimentos de fuego a largo plazo en gradientes sabana-bosque de la Gran Sabana, Parque Nacional Canaima (PNC), Venezuela. Los diferentes colores indican áreas de mayor a menor riesgo de incendios según la cantidad de material combustible acumulado y la proporción seco(muerto)/verde(vivo) de la vegetación de sabanas. Los menores riesgos de incendios corresponden a las zonas de rebrote de la vegetación por las quemas recientes. (b) Borde sabana-bosque en la Gran Sabana, PNC, en el cual se aprecian los parches de quemas en mosaico producto de la quema cooperativa indígena Pemón en áreas de sabana, lo que podría considerarse como un ejemplo de manejo sustentable para el mantenimiento de la biodiversidad y la protección de los bosques del avance de los incendios originados en áreas de sabana, propensas al fuego. Fuente: elaboración propia; fotografía de Bibiana Bilbao.

12.7.5.4. Limitaciones e interacciones

Este caso ilustra los resultados de un lento pero sostenido proceso inclusivo y participativo orientado a desarrollar un nuevo paradigma del manejo del fuego en la región. Con apoyo financiero del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Venezuela, y más recientemente de la Academia Británica y la Embajada Británica en Caracas, se ejecutaron nuevos proyectos de investigación-acción transdisciplinarios (Bilbao *et ál.,* 2010; Bilbao, 2014; Bilbao *et ál.,* 2017; Eloy *et ál.,* 2018; Mistry *et ál.,* 2018; Bilbao *et ál.,* 2019). Jóvenes investigadores comunitarios indígenas recopilaron los testimonios ofrecidos por los ancianos, profundizando en la comprensión del conocimiento ancestral sobre la dinámica y el manejo del fuego que realiza el pueblo Pemón en el PNC.

Adicionalmente, se han realizado numerosos talleres, con participación de autoridades, planificadores, técnicos y operadores de instituciones de distintos ámbitos y sectores (conservación y ambiente, protección y seguridad, bomberos forestales, desarrollo regional y local), junto con académicos y comunidades indígenas, para intercambiar ideas sobre los incendios en el PNC desde las diferentes perspectivas y cosmovisiones de los involucrados, facilitando el logro de acuerdos y el inicio de un nuevo paradigma del uso del fuego en la región (FIEB, 2007; Bilbao, 2014; Bilbao y Mistry, 2015; Eloy *et ál.,* 2018; Mistry *et ál.,* 2018; Bilbao *et ál.,* 2019; **Figuras 12.25** y **12.26**).

12.7.5.5. Lecciones identificadas

Los avances logrados en este caso se basan en el compromiso adquirido entre los distintos actores y sectores involucrados para la formulación de un plan de manejo integral del fuego, que contempla la participación, necesidades y responsabilidades de organismos públicos, academia y comunidades indígenas, integrando el conocimiento ancestral, el conocimiento científico/académico y las técnicas de los bomberos para un efectivo manejo del fuego y la identificación de estrategias de adaptación al cambio climático.

Estas experiencias se han extendido a otros países del Escudo Guayanés, incluyendo Brasil y Guyana, dando como resultado la creación de la Red Intercultural y Participativa del Manejo del Fuego, que tiene como principio que «el manejo indígena del fuego debe ser incluido en el manejo de los territorios en los cuales los pueblos indígenas viven y desarrollan su forma de vida, utilizando el conocimiento indígena ancestral, tradicional y adaptativo del fuego, en concomitancia con el conocimiento científico/académico y las capacidades de la instituciones» (Bilbao *et ál.,* 2019).

Debido a la gran vinculación entre la incidencia de incendios y el cambio climático, el proceso de construcción de un manejo del fuego efectivo y sustentable constituyó una importante herramienta y fuente de aprendizaje y sensibilización para el desarrollo de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en la región, las cuales se dieron inicio en Caracas durante el 2017 con representantes de los sectores indígenas, académicos y gubernamentales (**Figura 12.25d**).

12.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

Del análisis de la información presentada en este capítulo se identificaron algunas debilidades y necesidades sobre las cuales los países de la región deberán actuar para avanzar en una mayor efectividad en las estrategias de adaptación bajo condiciones de cambio climático y consolidar las acciones de prevención de los incendios forestales y manejo del fuego tanto en áreas de dominio público como privado.



Figura 12.25. (a) Ancianos de la comunidad Pemón Arekuna de Kavanayén (Venezuela) durante la realización de uno de los talleres sobre manejo indígena del fuego; (b) taller sobre manejo indígena del fuego: investigadora comunitaria explicando el calendario de quemas producto de las mesas de trabajo sobre conocimiento ancestral del fuego; (c) líder del consejo de ancianos de la comunidad Indígena Pemón Arekuna de Kavanayén (izquierda) y alto funcionario de INPARQUES, intendente del Parque Nacional Canaima (PNC) durante muchos años, en la mesa de trabajo sobre el fuego durante el taller Diseño de planes de acción en cambio climático: Integrando las perspectivas desde lo local Indígena con la academia y las instituciones en el PNC. IVIC, Altos de Pipe, enero de 2017; (d) participantes del mencionado taller, realizado en el IVIC, Altos de Pipe, enero de 2017. Fuente: fotografías de Maiquel Torcatt.

1. Las sociedades humanas deben aprender a convivir con el fuego, considerando que los diferentes tipos de vegetación (combustibles), el oxígeno atmosférico y las fuentes de ignición (personas y agentes no antrópicos) forman un triángulo de fuego en el planeta. Por ello, el manejo del paisaje debe partir de la identificación de ecosistemas adaptados al fuego y de ecosistemas sensibles al fuego, reconociéndolo como un factor que puede ser tanto benéfico como perjudicial, así como de la adecuada comprensión de los regímenes de incendio específicos para cada uno de los países de la región.
2. Es necesario adelantar acciones de sensibilización y orientación, con información verídica sobre las causas reales del fuego y sus efectos directos e indirectos, dirigidas a los tomadores de decisiones y a la población en general para estimular su participación en las políticas públicas. De igual forma, es necesario facilitar diálogos regionales y nacionales sobre las vinculaciones entre el fuego y el cambio climático con la meta de subrayar el papel ecológico crítico que juega el fuego en muchos ecosistemas y la diferencia entre buen fuego y mal fuego.
3. Son pocos los países RIOCC que tienen información sobre la ecología del fuego en los diferentes tipos de vegetación, en especial, en el caso de América Latina. Por ello se requiere promover la realización de mayor número de estudios sobre estas cuestiones: (i) el comportamiento del fuego y sus efectos en condiciones de campo (la mayoría de los existentes se basa en sensores remotos); (ii) los impactos del fuego en la dinámica y la biodiversidad de los ecosistemas, y (iii) los costos económicos asociados a impactos directos (pérdida de ingresos y capacidad productiva, afectación de infraestructura) e indirectos (costos en la salud, en el transporte).



Figura 12.26. Propuesta de un nuevo paradigma del manejo del fuego basado en el intercambio de saberes y desarrollo de interfaces interculturales y participativas entre las comunidades indígenas y rurales, académicos (científicos) e instituciones gubernamentales. Fuente: modificado a partir de Bilbao *et ál.*, 2017.

4. Muchos países de la región carecen de estadísticas consolidadas basadas en datos fiables sobre la ocurrencia del fuego, su ubicación, causas de ignición, área y perímetro de incendios, lo cual dificulta la formulación de planes adecuados de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático sobre este factor.

5. En líneas generales, la región presenta un marcado déficit de sistemas de detección inmediata y monitoreo de los incendios forestales. En los casos en que existen, se requiere que estos sistemas sean integrados con otros órganos de respuesta y que transmitan las informaciones de riesgo e impacto a la población.

6. Las actividades productivas de silvicultura en la región deben estar sujetas a planes de manejo adecuados considerando la distancia de plantación, la biomasa forestal, la diversidad de especies y el desarrollo de infraestructuras preventivas para reducir la dispersión y propagación de los incendios forestales. Esto exige una mayor supervisión y control por parte de entes certificadores públicos, así como de las empresas mismas.

7. De igual forma, se requiere la aplicación de regulaciones y control del uso del fuego en las actividades agrícolas y ganaderas, especialmente en las zonas cercanas a bosques. Este es un aspecto crítico en aquellos países de la región que promueven la actividad agrícola intensiva basada en monocultivos, como es el caso de la soja.

8. El trabajo con las comunidades y organizaciones locales es fundamental para la prevención, detección y control temprano de incendios. Se requiere impulsar estas iniciativas y fortalecer las capacidades que existen en los territorios en este sentido.

9. Propiciar el intercambio de saberes y destrezas entre los distintos sectores de la sociedad para la identificación de buenas prácticas existentes, el diseño de soluciones apropiadas a cada contexto socioambiental y su implementación efectiva como mecanismos de respuestas adaptativas ante el cambio climático y sus efectos sobre la incidencia de incendios en zonas rurales.

10. Los países de la región deberán hacer esfuerzos significativos para fortalecer la institucionalidad necesaria para el adecuado desarrollo e implementación de políticas y planes de manejo del fuego a través de la aprobación y armonización de instrumentos jurídicos en consonancia con el estado actual del conocimiento, y asegurando recursos financieros, técnicos y humanos suficientes para acometer la diversidad de actividades en sus territorios.

12.9. Conclusiones

A partir del análisis de las experiencias exitosas y los aprendizajes alcanzados en los distintos casos de estudio presentados en este capítulo, así como de la revisión exhaustiva de la bibliografía consultada, se han podido identificar algunas orientaciones generales para la toma de decisiones y líneas de acción de las que se espera que contribuyan a mejorar la capacidad de adaptación de los países de la región ante los riesgos que supone la modificación de los regímenes de fuego debido al impacto del cambio climático. Dada la gran diversidad y heterogeneidad ambiental, cultural y socioeconómica de la región, es importante evitar la tentación de aplicar programas estandarizados o prácticas de prevención y combate de incendios que no hayan sido adaptadas o validadas en los contextos nacionales y locales, por lo cual se requiere iniciar o sostener esfuerzos de investigación importantes, involucrando a académicos, instituciones públicas, iniciativas privadas y conocimiento local y autóctono.

Recomendaciones y buenas prácticas para la gestión de incendios forestales bajo condiciones de cambio climático:

- Promover programas de cooperación internacional, intercambio técnico y de experiencias para fortalecer el desarrollo de políticas públicas de gestión y manejo del fuego y prevención y control de incendios, fomentar la

formación y actualización del personal especializado en el área, y elevar la comprensión sobre las interrelaciones existentes entre cambio climático e incendios.

- Mantener bases de datos y sistemas de información sobre ocurrencia de incendios en el territorio de manera que se facilite el intercambio de información, la comunicación e interpretación de los riesgos y efectos de los incendios forestales, así como el diseño de iniciativas de interés común a escala regional y mundial.
- Diseñar e implantar planes y estrategias nacionales de cambio climático que contemplen la gestión o manejo integral del fuego en sus territorios.
- Mantener observatorios permanentes sobre la dinámica de funcionamiento del ordenamiento y cambios en los patrones de uso de los territorios rurales y de las interfaces urbano-rurales en relación con los regímenes de fuego por tratarse de espacios de mayor riesgo ante la ocurrencia de incendios forestales y la modificación de los regímenes de fuego asociada al cambio climático.
- Modificar o ajustar los marcos regulatorios nacionales para permitir la implantación de planes y programas de manejo integral del fuego adecuados a contextos socioambientales específicos, en los que se promueva la participación de las comunidades locales e indígenas.
- Diseñar instrumentos y mecanismos legales (leyes, ordenanzas, certificaciones, entre otros) que obliguen a las empresas forestales a la implementación y actualización periódica de planes de manejo de plantaciones que aseguren un buen uso de combustibles, la ordenación de las plantaciones y la diversificación de especies, entre otras medidas, para minimizar daños por causa de incendios.
- Implantar sistemas de monitoreo satelitales para identificar las zonas proclives al fuego, minimizar riesgos y tomar acciones preventivas ante la ocurrencia de incendios forestales, en particular bajo condiciones climáticas adversas.
- Caracterizar los regímenes de fuego y monitorear su comportamiento, especialmente en el caso de ecosistemas adaptados al fuego, en zonas susceptibles a incendios forestales, en zonas intervenidas y en interfaces urbano-rurales.
- Identificar riesgos de afectación o pérdida de la biodiversidad y calidad de servicios ambientales prestados por ecosistemas afectados por incendios.
- Diseñar e implantar programas de restauración ecológica privilegiando la utilización de especies vegetales nativas o autóctonas de cada región.
- Desarrollar plataformas e interfaces de intercambio de conocimiento para incorporar múltiples perspectivas en el diseño e implementación de respuestas adaptativas a los efectos del cambio climático sobre el fuego apropiadas a los contextos específicos de cada país de la RIOCC.
- Desarrollar mecanismos que propicien la acción transversal y la articulación de esfuerzos de las instituciones y organismos involucrados en la gestión del territorio y la implementación práctica de las políticas de manejo del fuego.
- Dotar a las instituciones de recursos necesarios para fortalecer las actividades de prevención de incendios forestales.
- Desarrollar planes locales de prevención de incendios forestales que incluyan infraestructuras (redes de cortafuegos, tratamiento local de material combustible, fuentes y centros de reabastecimiento de agua en caso de incendios, redes de comunicación, refugios, rutas de escape), programas de monitoreo local, planes de manejo de zonas rurales abandonadas y terrenos baldíos, sistemas locales de alerta temprana, así como actividades de sensibilización y formación de las comunidades, junto con la identificación de alternativas de manejo y uso de residuos silvoagropecuarios.
- Diseñar junto con los pobladores locales calendarios de quemas controladas y quemas prescritas para una mejor gestión de las actividades tradicionales y prevenir incendios.
- Conformar brigadas comunitarias de incendios en comunidades rurales.

Preguntas frecuentes

1. ¿Hay fuegos buenos y malos?

El fuego es inherente a buena parte de los ecosistemas terrestres, por lo que sus impactos pueden ser desde muy leves a muy altos, dependiendo de lo que se queme. La mayoría de los incendios (> 90 %) son generados por causas humanas y en muy pocos casos se deben a agentes naturales. Muchos ecosistemas naturales o gestionados necesitan del fuego para mantenerse (p. ej., sabanas tropicales, ciertos bosques de pinos y encinos, matorrales mediterráneos). Por lo tanto, los incendios no son siempre desastres ecológicos. Sin embargo, la mayoría de los ecosistemas son altamente sensibles al fuego, particularmente cuando la falta del mismo hace que se acumulen los combustibles, por lo que dan lugar a incendios más intensos y extensos. Por otro lado, es frecuente el uso forestal del territorio con fines de explotación comercial. En estos casos, los incendios suponen una pérdida de los activos humanos y ecológicos, puesto que estos sistemas no necesariamente están preparados para soportar los impactos del fuego, lo que puede dar lugar a la pérdida de valores naturales y servicios ecosistémicos. En no pocas ocasiones, los incendios afectan a estructuras humanas y a las personas por la proximidad de vegetación inflamable a los asentamientos humanos. El exceso de fuentes de ignición que existe

en la actualidad por la presencia humana hace que en muchas zonas los incendios sean más frecuentes que antes, lo que incluso puede afectar negativamente a ecosistemas adaptados al fuego. El cambio climático contribuye positivamente a ello dada la mayor frecuencia de situaciones propias para el fuego, incluyendo condiciones muy extremas que generan incendios catastróficos.

2. ¿De qué depende que haya más o menos incendios en un año?

Para que ocurra un fuego, son necesarios calor en forma de fuente de ignición, combustible (vegetación) listo para arder y condiciones meteorológicas propias para que el incendio avance. Los incendios forestales resultan de la interacción de estos tres factores, lo que se denomina el triángulo del fuego. La fuente de ignición es fundamental, pues la vegetación no arde sola, sino que necesita una fuente que lo inicie. Una vez hecho esto, el propio incendio libera calor para mantenerse. El segundo componente es la vegetación, lo que en argot se denomina combustibles. No toda la vegetación arde igual; depende de su composición y estructura y, sobre todo, de su humedad. El siguiente factor es la meteorología durante el incendio. Las altas temperaturas y la sequía hacen que el combustible esté más seco, lo que favorece la propagación del fuego. Un factor determinante es el viento, puesto que contribuye a la propagación. Por tanto, la combinación de los tres (temperatura, sequía y viento), sobre todo cuando se dan en valores extremos, hace que el incendio sea incontrolable debido a la alta velocidad de propagación e intensidad del fuego. El número de igniciones y dónde tengan lugar condicionará la ocurrencia de incendios. La fragmentación del paisaje por deforestación y la homogeneización de la vegetación (a través de plantaciones), el aumento del material combustible debido a las políticas de exclusión del fuego y el abandono del manejo tradicional comunitario del fuego propician incendios más severos, y bajo condiciones extremas, megaincendios.

3. ¿Qué se entiende por fuego prescrito (o quema prescrita)?

Según FAO, la quema prescrita se define como «la aplicación controlada del fuego a la vegetación en su estado natural o modificado, bajo condiciones ambientales específicas que permiten que el fuego se limite a un área predeterminada y al mismo tiempo produzca la intensidad de calor y la velocidad de propagación requeridas para lograr la gestión planificada de los recursos». En otras palabras, si el incendio forestal es un fuego descontrolado, la quema prescrita es un fuego controlado. La quema prescrita se emplea para múltiples propósitos en las prácticas campesinas agrícolas y ganaderas, y es también la base de la gestión aplicada por cuerpos de bomberos forestales y otras instituciones de conservación de sistemas naturales en el control de combustibles para evitar incendios de gran magnitud. Las quemas prescritas, por lo general, siguen una planificación y protocolos definidos, mientras que las quemas controladas son más empíricas y no siguen protocolos técnicos rigurosos. Sin embargo, esto puede variar de un país a otro, ya que cada país puede tener especificidades en cuanto a la terminología empleada.

4. ¿Cómo afectará el cambio climático a los incendios?

El cambio climático afecta directa o indirectamente a los principales factores que controlan el fuego. Por un lado, se prevé un incremento de la temperatura promedio, con sus correspondientes extremos de altas temperaturas que aumentan mucho más que las propias medias, lo que implica mayor número de eventos extremos térmicos. En muchas zonas del mundo, incluyendo algunas tropicales y subtropicales, se prevé una disminución de las precipitaciones, así como un aumento de las sequías, en duración e intensidad. Los efectos del cambio climático sobre el viento son, en general, menos acusados. El incremento de CO_2 está llevando a un aumento de productividad de la mayoría de los ecosistemas del mundo, siendo particularmente importante la matorralización de muchas zonas de sabanas, lo que añade combustible y cambia su naturaleza. De manera indirecta, el cambio climático contribuye a aumentar la materia muerta, que es la que mejor arde, debido a la mortalidad de muchas especies que se van encontrando en un clima que ya no soportan. Asimismo, el cambio climático conlleva modificaciones en plagas y enfermedades de la vegetación, produciendo mortalidades que añaden combustible muerto. De manera indirecta, el cambio climático puede llevar a abandonos de tierras menos productivas, lo que hará que la vegetación se acumule y esté lista para arder. Finalmente, los cambios en la frecuencia y duración de sequías y otras anomalías climáticas por las oscilaciones climáticas El Niño/La Niña pueden afectar a grandes zonas del mundo, particularmente en los trópicos. Todo ello lleva a anticipar una mayor incidencia global del fuego, particularmente en situaciones extremas. El ejemplo de los incendios de 2019 en Australia, de magnitudes que superaron todo lo conocido hasta entonces en ese país, puede ser un anticipo de lo que está por venir.

5. ¿Qué podemos hacer para reducir los incendios y sus impactos?

Lo primero que hay que hacer es interiorizar el fuego como un elemento ecológico que, si se sabe usar, puede ayudarnos a controlarlo. Hay que aprender a vivir con el fuego, evitando aquellos incendios que, bajo ningún concepto, queremos que se produzcan. Por otro lado, hay que saber dónde y cuándo el fuego puede ser tolerable o necesario para mantener el ecosistema intacto, cuando esta perturbación forma parte del mismo. Una vez que la vegetación se ha quemado, el próximo incendio tardará en llegar, por lo que es un seguro contra el fuego indeseado. El objetivo no debe ser tanto que se quemen pocas hectáreas como que no se quemen las que

no queremos que lo hagan y, particularmente, que no se quemen los bienes y valores humanos, incluidos los naturales, que son el sustento de muchas personas. Hay que cambiar el paradigma de medir nuestro éxito en la lucha contra el fuego. Para poder llevar a cabo esta política, es necesario fortalecer la gestión pública con políticas públicas e intervenciones que consideren una gestión integral del fuego. Esto precisa de conocimiento sobre la ecología de los ecosistemas naturales para poder tomar decisiones de cuándo y dónde el fuego es tolerable o deseable, y cuándo y dónde no lo es. Anticiparse al riesgo y sus impactos indeseables requiere conocer las vulnerabilidades de los sistemas socioecológicos afectados por el fuego. Se precisan bases de datos de incendios espacialmente explícitas para poder implantar una política de gestión integral del fuego. Con vistas a hacer frente a esta amenaza en el contexto de cambio climático, se requiere incorporar medidas de adaptación que consideren el incremento de peligro meteorológico futuro, así como la cambiante situación socioeconómica de los países, los intereses de las comunidades locales y sus conocimientos y prácticas tradicionales de uso del fuego. El fuego prescrito o, en ciertos casos, el uso de la biomasa, son opciones que benefician a todos al tiempo que reducen el riesgo futuro. La gestión debe ir más allá que la mera prevención e integrar el conocimiento de la ecología de los ecosistemas en relación con el fuego.

Agradecimientos

A Rosalba Gómez por el valioso trabajo de revisión y útiles comentarios al manuscrito. A Jonathan Rodríguez por la elaboración de las gráficas de bigote. A Roberto Rivera por el aporte de información sobre riesgos de incendios en Centroamérica. A Bernardo Ancidey por el aporte en los análisis estadísticos de los datos de superficie afectada por el fuego y número de fuegos activos, su correlación con las anomalías climáticas y análisis de tendencias temporales. A Ruth Salazar-Gascón por la colaboración en la organización, comentarios y sugerencias para mejorar el manuscrito. Todos los autores del presente capítulo agradecen a sus respectivas instituciones de adscripción el apoyo para el desarrollo de este trabajo. Asimismo, agradecemos los comentarios asertivos y sugerencias de todos los revisores que ayudaron a mejorar el manuscrito. Finalmente, agradecemos la invitación de José Manuel Moreno a participar en este proyecto de trabajo y aprendizaje conjunto, así como su continua labor de supervisión y apoyo; y a Clara Laguna-Defior por su apoyo en la edición del capítulo.

Bibliografía

Aliaga, N.V., N. Quispe Gutiérrez, I. Ramos Parado y D. Rodríguez Zimmermann, 2018: *Estudio de condiciones atmosféricas favorables a los incendios forestales en el Perú*. Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica (DMA) - Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM), 81 pp. Consultado en: https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-45.pdf

Alves White, B.L., 2017: *Satellite detection of wildland fire in South America*. Proceedings of the 2nd World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'17), abril de 2017, Barcelona, España.

Amatulli, G., A. Camia y J. San-Miguel-Ayanz, 2013: Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries. *Science of Total Environment,* 450, 209-222.

Andela, N., D.C. Morton, L. Giglio, Y. Chen, G.R. van der Werf, P.S. Kasibhatla, R.S. DeFries, G.J. Collatz, S. Hantson, S. Kloster, D. Bachelet, M. Forrest, G. Lasslop, F. Li, S. Mangeon, J.R. Melton, C. Yue y J.T. Randerson, 2017: Global fire activity a human-driven decline in global burned area. *Science,* 356, 1356-1362.

Anderson, A.B. y D.A. Posey, 1989: Management of a Tropical Scrub Savanna by the Gorotire Kayapo of Brazil. En: *Advances in Economic Botany* [Posey, D.A. y W. Balee (eds.)], pp. 159-173.

Anderson, L.O., V. Marchezini, T.F. Morello y C. Cunnigham, 2019: Conceptual model of disaster risk warning system associated with wildfires and public policy challenges in Brazil. *Revista Territorium,* 26(I).

Aragão, L., L. Anderson, M. Fonseca, T. Rosan, L. Vedovato, F. Wagner, C.V.J. Silva, C.H.L. Silva, E. Arai, A. Aguiar, J. Barlow, E. Berenguer, M. Deeter, L. Domingues, L. Gatti, M. Gloor, Y. Malhi, J.A. Marengo, J. Miller, O. Phillips y S. Saatchi, 2018: 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications,* 9, 536.

Aragão, L., Y. Malhi, N. Barbier, A. Lima, Y. Shimabukuro, L. Anderson y S. Saatchi, 2008: Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B,* 363(1498), 1779-1785.

Argañaraz, J., V. Radeloff, A. Bar-Massada, G. Gavier-Pizarro, C. Scavuzzo y L. Bellis, 2017: Assessing wildfire exposure in the Wildland-Urban Interface area of the mountains of central Argentina. *Journal of Environmental Management,* 196, 499-510.

Armenteras, D., L. Schneider y L.M. Dávalos, 2019: Fires in protected areas reveal unforeseen costs of Colombian peace. *Nature Ecological Evolution* 3, 20-23. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0727-8

Armenteras, D., T.M. González, F. Luque-Moreno, N. Rodríguez, F. Argotty, C. Bonfil, C.I. Espinosa, J.A. Luis Machín, L. Rejalaga Noguera, V. Ruiz Gómez, E. Gusmán, A. Herrera, I. Funes, A. Jara, P. Ramón, R. Savé, J. Retana y J.M. Espelta, 2015: *IBERO REDD+ . Red CYTED para el monitoreo del estado de la conservación y recuperación de bosques húmedos y secos en Latinoamérica en el contexto de la deforestación evitada. Síntesis de avances en la implementación de REDD+ en los países participantes de la Red IBERO REDD+ en América Latina.* Red IBERO-REDD+, 52 pp.

Badia-Perpinya, A. y M. Pallares-Barbera, 2006: Spatial distribution of ignitions in Mediterranean periurban and rural areas: the case of Catalonia. *International Journal of Wildland Fire,* 15(2), 187-196.

Baeza, M.J., A. Valdecantos, J.A. Alloza y V.R. Vallejo, 2007: Human disturbance and environmental factors as drivers of long-term post-fire regeneration patterns in Mediterranean forests. *Journal of Vegetation Science,* 18, 243-252.

Barbera-Riera, M. 2017: *Exposición al humo de incendios forestales y mortalidad en Valencia*. Tesis doctoral. Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud. Universitat Jaume, Valencia, España. 221 pp. Consultado en: https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/440526/2017_Tesis_Barbera%20Riera_Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barlow, J. y C.A. Perez, 2008: Fire-mediated dieback and compositional cascade in an Amazonian forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B,* 363(1498), 1787-1794.

Barradas, A.C.S., 2017: *A gestão do fogo na Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, Brasil,* Escola Nacional de Botânica/Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 135 pp.

Baruch, Z. y Bilbao, B.A., 1999: Effects of fire and defoliation on life history of native and invader C4 grasses from a neotropical savanna. *Oecologia,* 119, 510-520.

Batllori, E., M.A. Parisien, M.A. Krawchuk y M.A. Moritz, 2013: Climate change-induced shifts in fire for Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogegraphy,* 22, 1118-1129.

Bedia, J., S. Herrera, A. Camia, J.M. Moreno y J.M. Gutierrez, 2014a: Forest Fire Danger Projections in the Mediterranean using ENSEMBLES Regional Climate Change Scenarios. *Climatic Change,* 122, 185-199.

Bedia, J., S. Herrera y J.M. Gutiérrez, 2014b: Assessing the predictability of fire occurrence and area burned across phytoclimatic regions in Spain. *Natural Hazards and Earth System Sciences,* 14(1), 53.

Bedia, J., S. Herrera, J.M. Gutierrez, A. Benali, S. Brands, B. Mota y J.M. Moreno, 2015: Global patterns in the sensitivity of burned area to fire-weather: implications for climate change. *Agricultural and Forest Meteorology,* 214, 369-379.

Behling, H., 2003: Late glacial and Holocene vegetation, climate and fire history inferred from Lagoa Nova in the southeastern Brazilian lowland. *Vegetation History and Archaeobotany,* 12(4), 263-270.

Behling, H. y H.D. Safford, 2010: Late-glacial and Holocene vegetation, climate and fire dynamics in the Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro State, southeastern Brazil. *Global Change Biology,* 16, 1661-1671.

Bañales-Seguel, C., F. De La Barrera y A. Salazar, 2018: An analysis of wildfire risk and historical occurrence for a mediterranean biosphere reserve, Central Chile. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management,* 26(2), 128-140.

Bermúdez, P.D., J. Mendes, J.M.C. Pereira, K.F. Turkman y M.J.P. Vasconcelos, 2009: Spatial and temporal extremes of wildfire sizes in Portugal (1984-2004). *International Journal of Wildland Fire,* 18, 983-991.

BID, 2018: Diagnóstico del sector forestal en Nicaragua. *Movilizando el sector forestal y atrayendo inversiones.* Banco Interamericano de Desarrollo. Consultado el 2 de septiembre de 2019 en: https://publications.iadb.org/es/diagnostico-del-sector-forestal-en-nicaragua-movilizando-el-sector-forestal-y-atrayendo-inversiones

Bilbao, B.A., 2014: *Bases ecológicas y humanas del manejo del fuego en la Gran Sabana, Parque Nacional Canaima.* Trabajo de ascenso. Presentado ante la Universidad Simón Bolívar como requisito para optar a la categoría de profesor titular. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 490 pp.

Bilbao, B.A., R. Braithwaite, C. Dall'Aglio, A. Moreira, P.E. Oliveira, J.F. Ribeiro y P. Stott, 1996: Biodiversity fire and herbivory in tropical savannas. Capítulo 11. En: *Biodiversity and Savanna Ecosystem processes. A global perspective* [Solbrig, O., E. Medina y J.F. Silva (eds.)]. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg, pp 197-206.

Bilbao, B.A., A.V. Leal y C. Méndez, 2010: Indigenous use of fire and forest loss in Canaima National Park, Venezuela. Assessment of and tools for alternative strategies of fire management in Pemón indigenous landscape ecology. *Human Ecology,* 38, 663-673.

Bilbao, B.A., A.V. Leal, C.L. Méndez y M.D. Delgado-Cartay, 2009: The role of fire on vegetation dynamics of upland savannas of the Venezuelan Guayana. En: *Tropical Fire Ecology: Climate Change, Land Use and Ecosystem Dynamics* [Cochrane, M.A. (ed.)]. Springer-Praxis, Heidelberg, Germany, pp. 451-480.

Bilbao, B.A. y E. Medina, 1997: Types of Grassland Fires and Nitrogen Volatilization in Tropical Savannas of Calabozo, Venezuela. *Biomass Burning and Global Change: Biomass Burning in the Tropical and Temperate Ecosystems* [Levine, J.S. (ed.)]. MIT Press, vol. 2, pp 569-574.

Bilbao, B.A. y J. Mistry. 2015: *Red Intercultural y Participativa del Manejo del Fuego.* Primera Reunión Estación Científica Parupa, vía Comunidad Indígena Kavanayén, Gran Sabana, Venezuela, 28 pp. Consultado en: http://projectcobra.org/wp-content/uploads/Parupa-Meeting-2015-Report_FINAL-Espa%C3%B1ol.pdf

Bilbao, B.A., J. Mistry, A. Millán y A. Berardi, 2019: Sharing Multiple Perspectives on Burning: Towards a Participatory and Intercultural Fire Management Policy in Venezuela, Brazil, and Guyana. *Fire,* 2(3), 39.

Bilbao, B.A., J. Rosales, S. Marín, A. Millán, R. Salazar-Gascón, H. Chani, F. Pérez, A. Leal, M. Márquez, C. Méndez, M.D. Delgado-Cartay, M. Alvarado, M.E. Deza, Z. Hasmy., F. Lambos, I. Lanz, R. Machuca, M. Parra, E. Pedraza, G. Picón, F. Reyes, D. Rodríguez, B. Sánchez y E. Zambrano, 2017: Chureta ru to pomupök integration of Indigenous and ecological knowledge for the restoration of degraded environments. En: *Beyond restoration ecology: social perspectives in Latin America and the Caribbean* [Ceccon, E. y D.R. Pérez (eds.)]. Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires, pp. 331-353.

Bilbao, B.A., M. Holländer, N. Koim, S. P. Longoli, S. Schielmann y S. Stöber, 2018: *Discovering the Cultures of Resilience. Promoting the contributions of traditional livelihoods to climate change mitigation and adaptation and global sustainable development.* Consultado en: https://www.impactsworld2017.org/documents/314/IW2017_briefing_paper_S2.pdf

Boer, M.M., V. Resco de Dios y R. A. Bradstock, 2020: Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nature Climate Change,* 10, 171-172.

Bowman, D.M.J.S., J.K.Balch, P. Artaxo, W.J. Bond, J.M. Carlson, M.A. Cochrane, C.M. D'Antonio, R.S. DeFries, J.C. Doyle, S.P. Harrison, F.H. Johnston, J.E. Keeley, M.A. Krawchuk, C.A. Kull, J.B.Marston, M.A. Moritz, I. Colin Prentice, C.I. Roos, A.C. Scott, T.W. Swetnam, G.R. van der Werf y S.J. Pyne, 2009: Fire in the Earth System. *Science,* 324(5926): 481-484.

Bowman, D.M.J.S, J.K. Balch, P. Artaxo, W.J. Bond, M.A. Cochrane, C.M. D'Antonio, R. DeFries, F.H. Johnston, J.E. Keeley, M.A. Krawchuk, C.A. Kull, M. Max, M.A. Moritz, S. Pyne, C.I. Roos, A.C. Scott, N.S. Sodhi y T.W. Swetnam, 2011: The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography,* 38 (12), 2223-2236.

Bowman, D.M.J.S., A. Moreira-Muñoz, C.A. Kolden, R.O. Chávez, A.A. Muñoz, F. Salinas, A. González-Reyes, R. Rocco, F. de la Barrera, G.J. Williamson, N. Borchers, L.A. Cifuentes, J.T. Abatzoglou y F.H. Johnston, 2018: Human-environmental drivers and impacts of the globally extreme 2017 Chilean fires. *Ambio,* 48 (4), 350-362.

Bowman, D.M.J.S., B.P. Murphy, G.I. Williamson y M.A. Cochrane, 2014: Pyrogeographic models, feedbacks and the future of global fire regimes. *Global Ecology and Biogeograpy,* 23(7), 821-824.

Bowman, D.M., G.J. Williamson, J.T. Abatzoglou, C.A. Kolden, M.A. Cochrane y A.M. Smith, 2017: Human exposure and sensitivity to globally extreme wildfire events. *Nature Ecology & Evolution,* 1(6), 0058.

Brotons, L., N. Aquilué, M. de Cáceres, M.J. Fortin y A. Fall, 2013: How

fire history, fire suppression practices and climate change affect wildfire regimes in Mediterranean landscapes. *Plos One,* 8, e62392.

Brown, I.F., W. Schroeder, A. Setzer, M. De Los Rios Maldonado, N. Pantoja, A. Duarte y J. Marengo, 2006: Monitoring fires in southwestern Amazonia rain forests. *Eos, Transactions. American Geophysical Union,* 87(26), 253-259.

Bush, M.B., P.E. De Oliveira, P.A. Colinvaux, M.C. Miller y J.E. Moreno, 2004: Amazonian paleoecological histories: one hill, three watersheds. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 214(4), 359-393.

Bush, M.B., M.R. Silman, M.B. de Toledo, C. Listopad, W.D. Gosling, C. Williams, P.E. de Oliveira y C. Krisel, 2007: Holocene fire and occupation in Amazonia: records from two lake districts. *Philosophical Transactions of the Royal Society B,* 362(1478), 209-218.

Butler, C., S. Marshb, J.W. Domitrovichc y J. Helmkamp, 2017: Wildland firefighter deaths in the United States: A comparison of existing surveillance systems. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene,* 14(4): 258-270.

Calvo, L., S. Santalla, E. Marcos, L. Valbuena, R. Tárrega y E. Luis, 2003: Regeneration after wildfire in communities dominated by *Pinus pinaster*, an obligate seeder, and in others dominated by *Quercus pyrenaica*, a typical resprouter. *Forest Ecology and Management,* 184, 209-223.

Campo Parra-Lara, A., 2011: Análisis del fenómeno de los incendios de la cobertura vegetal en la cuenca media del río Cali. En: *Incendios de la cobertura vegetal en Colombia* [A. Campo Parra-Lara, (ed.)]. Universidad Autónoma de Occidente, Cali. Colombia, pp. 199-229.

Cancelo-González, J. y F. Díaz-Fierros Viqueira, 2018: Incendios forestales y salud pública. *Anales de la Real Academia de Farmacia,* 84(3), 289-300.

Carranza, T., A. Balmford, V. Kapos y A. Manica, 2014: Protected area effectiveness in reducing conversion in a rapidly vanishing ecosystem: the Brazilian Cerrado. *Conservation Letters,* 7(3), 216-223.

Castanheira, É. y F. Freire, 2013: Greenhouse gas assessment of soybean production: implications of land use change and different cultivation systems. *Journal of Cleaner Production,* 54, 49-60.

Catry, F.X., F.C. Rego, F. Bacao y F. Moreira, 2009: Modeling and mapping wildfire ignition risk in Portugal. *International Journal of Wildland Fire,* 18, 921-931.

CCAD, 2017: *Estrategia Regional de Manejo del Fuego para Centroamérica y República Dominicana 2015-2025.* San Salvador, El Salvador. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, 54 pp. Consultado el 15 de septiembre de 2019 en: http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_1398511455.pdf

Cerano-Paredes, J., J. Villanueva-Díaz, R. Cervantes-Martínez, P.Z. Fule, L. Yocom, G. Esquivel-Arriaga y E. Jardel-Peláez, 2015: Historia de incendios en un bosque de pino de la sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Bosque,* 36(1), 41-52.

Chatenoux, B. y P. Peduzzi, 2013: *Biomass fires: preliminary estimation of ecosystems global economic losses.* Background Paper prepared for the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, Genève UNEP/GRID-Geneva. Geneva, Switzerland, 13 pp. Consultado en: https://archive-ouverte.unige.ch/unige:32231

Chuvieco, E., S. Opazo, W. Sione, H. del Valle, J. Anaya, C. Di Bella, I. Cruz, L. Manzo, G. López, N. Mari, F. González-Alonso, F. Morelli, A. Setzer, I. Csiszar, J.A. Kanpandegi, A. Bastarrika y R. Libonati, 2008: Global burnedland estimation in Latin America using MODIS composite data. *Ecological Applications,* 18, 64-79.

Cochrane, M. (ed.), 2009: *Climate Change, Land Use and Ecosystem Dynamics*. Tropical Fire Ecology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 682 pp.

Cochrane, M., 2013: Fire science for rainforests. *Nature,* 453, 913-919.

CONAF, 2017: *Análisis de la afectación y severidad de los incendios forestales ocurridos en enero y febrero de 2017 sobre los usos de suelo y los ecosistemas naturales presentes entre las regiones de Coquimbo y Araucanía de Chile.* Informe técnico, Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile, 51 pp.

CONAF, 2019: *Estadísticas históricas de incendios forestales, Chile.* Corporación Nacional Forestal. Consultado el 26 de agosto de 2019 en: http://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/

CONAFOR, 2017: *Reporte final de resultados de incendios forestales 2017, México.* Comisión Nacional Forestal de México. Consultado el 7 de noviembre de 2019 en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/285518/Estadistica_Final_2017_-_Incendios_Forestales.pdf

CONAFOR, 2018: *Reporte Semanal de Incendios.* Comisión Nacional Forestal de México. Consultado el 28 de enero de 2018 en: https://www.gob.mx/conafor/documentos/reporte-semanal-de-incendios-2017-90771

CONAFOR, 2020: *Cierre de temporada 2019, del 01 de enero al 31 de diciembre del 2019, México.* Comisión Nacional Forestal de México. Consultado el 5 de enero de 2020 en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/522446/Cierre_de_la_Temporada_2019.pdf

Cordeiro, R.C., B. Turcq, L. Silva Moreira, R. De Aragão Ribeiro Rodrigues, F.F. Lamego Simões Filho, G. Souza Martins, A. Bosco Santos, M., Barbosa, M. Cardoso Guilles da Conceição, R. De Carvalho Rodrigues, H. Evangelista, P. Moreira-Turq, Y. Poty Penido, A. Sifeddine y J.C. Sícoli Seoane, 2014: Palaeofires in Amazon: interplay between land use change and palaeoclimatic events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 415, 137-151.

Costa, L., K. Thonicke, B. Poulter y F.-W. Badeck, 2011: Sensitivity of Portuguese forest fires to climatic, human, and landscape variables: subnational differences between fire drivers in extreme fire years and decadal averages. *Regional Environmental Change,* 11(3), 543-551.

CR2, 2015: *Report to the Nation, the 2010-2015 mega-drought, a lesson for the future.* Center for Climate and Resilience Research. Santiago de Chile, Chile, 25 pp. Consultado en: http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/Megadrought_report.pdf

Davis, A., 2018: *Partnerships forged in fire.* Prisma Foundation, San Salvador, 25 pp.

De Carvalho, W.D. y K. Mustin, 2017: The highly threatened and little known Amazonian savannahs. *Nature Ecology & Evolution volume,* 1, 0100.

De la Barrera, F., F. Barraza, P. Favier, V. Ruiz y J. Quense, 2018: Megafires in Chile 2017: Monitoring multiscale environmental impacts of burned ecosystems. *Science of Total Environment,* 637-638, 1526-1536.

Defossé, G.E., M.M. Godoy, L.O. Bianchi, N.S. Lederer y C. Kunst, 2015. Fire history, fire ecology and management in Argentine Patagonia: from ancient times to nowadays, Capítulo 7. En: *Current International Perspectives on Wildland Fires, Mankind and the Environment* [B. Leblon y M.E. Alexander (eds.)]. Nova Science Publishers, New York, pp. 177-210.

Devisscher, T., M. Yadvinder y E. Boyd, 2018: Deliberation for wildfire

risk management: Addressing conflicting views in the Chiquitania, Bolivia. *The Geographical Journal*, 185, 38-54.

Di Bella, C., M.A. Fischer y E.G. Jobbágy, 2011: Fire patterns in north-eastern Argentina: influences of climate and land use/cover. *International Journal of Remote Sensing*, 32(17), 4961-4971.

Díaz, M.E, R. Figueroa, M.D.R. Vidal-Abarca, M.L. Suárez y M.J. Climent, 2018: CO_2 emission and biomass loss, associated to the occurrence of forest fires in the Biobío Region, Chile: An approach from Ecosystem Services (ES). *Gayana Botanica,* 75(1), 482-493.

Dondo Bühler, M., M. de Torres Curth y L. Garibaldi, 2013: Demography and socioeconomic vulnerability influence fire occurrence in Bariloche (Argentina). *Landscape and Urban Planning,* 110, 64-73.

Dunbar-Irwin, M. y H.D. Safford, 2016: Climatic and structural comparison of yellow pine and mixed-conifer forests in northern Baja California (México) and the eastern Sierra Nevada (California, USA). *Forest Ecology and Management,* 363, 252-266.

EFFIS, 2019: *European Forest Fire Information System.* Consultado el 2 de diciembre de 2019 en: https://effis.jrc.ec.europa.eu/

Eloy, L., B.A. Bilbao, J. Mistry y I.B. Schmidt, 2018: From fire suppression to fire management: advances and resistances to fire policies changes in savannas of Brazil and Venezuela. *Geographical Journal,* 185, 10-22.

Ernst, R.D., E.I. Morici, H.D. Estelrich, W.A. Muiño y M.A. Ruiz, 2015: Efecto de la quema controlada sobre el banco de semillas de gramíneas en diferentes parches del bosque de caldén en la región semiárida central Argentina. *Archivos de Zootecnia*, 64(247), 245-254.

Estay, S.A. (Ed.), 2020: *Forest Pest and Disease Management in Latin America.* Springer, 239 pp.

Estelrich, H.D., B. Fernández, E.F. Morici y C.C. Chirino, 2005a: Persistencia de los cambios provocados por los fuegos controlados en diferentes estructuras del bosque de caldén (*Prosopis caldenia* Burk.). *Revista Fac. Agronomía UNLPam,* 16, 25-30.

Estelrich, H.D., C.C. Chirino, E.F Morici y B. Fernández, 2005b: Dinámica de áreas naturales cubiertas por bosque y pastizal en la región semiárida central de Argentina. Modelo conceptual. En: *Heterogeneidad de la vegetación. Libro homenaje a Rolando León* [Paruelo, J., M. Oesterheld y M. Aguiar (eds.)], pp. 351-364.

EUCP, 2017: *Informe técnico. Situación de incendios forestales en Chile entre Enero-Febrero 2017.* European Civil Protection Mechanism, 88 pp. Consultado en: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/informe_tecnico_if_chile2017_tcm30-425304.pdf

Eugenio, M. y F. Lloret, 2006: Effects of repeated burning on Mediterranean communities of the northeastern Iberian Peninsula. *Journal of Vegetation Science,* 17, 755-764.

European Comission, 2005: *Forest Fires in Europe 2005.* Official Publication of the European Commission, Italia, 54 pp. Consultado en: http://effis.jrc.ec.europa.eu/media/cms_page_media/40/03-forest-fires-in-europe-2005.pdf

Falleiro, R.M., Santana, M.T. y C.R. Berni, 2016: As Contribuições do Manejo Integrado do Fogo para o Controle dos Incêndios Florestais nas Terras Indígenas do Brasil. *Biodiversidade Brasileira,* 6(2), 88-105.

FAN, 2015: *Atlas Socioambiental de las Tierras Bajas y Yungas de Bolivia.* Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

FAN, 2019a: *Incendios forestales en Bolivia 2019.* Fundación Amigos de la Naturaleza. Consultado el 5 de diciembre de 2019 en: http://incendios.fan-bo.org/Satrifo/publicaciones/#tab-4

FAN, 2019b: *Reporte de incendios forestales a nivel nacional, Bolivia.* Fundación Amigos de la Naturaleza. Consultado el 25 de septiembre de 2019 en: http://incendios.fan-bo.org/Satrifo/publicaciones/#tab-4

FAO, 2005: *Estrategia de cooperación de América del Sur para el manejo del fuego. Proyecto TCP/RLA/3010 (C). Apoyo al Desarrollo de la Estrategia Regional de Cooperación para la Prevención, Control y Combate de Incendios Forestales.* Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Consultado el 2 de diciembre de 2019 en https://gfmc.online/wp-content/uploads/Estrategia-Cooperacion-America-Sur-TCP-RLA-3010.pdf

FAO/GFMC, 1999: *Wildland Fire Management Terminology.* Consultado en: http://www.fire.uni-freiburg.de/literature/glossary.htm

Fariñas, M. y J.J. San José, 1987: Efectos de la supresión del fuego y el pastoreo sobre la composición de una sabana de *Trachypogon* en los Llanos del Orinoco. En: *La capacidad bioproductiva de sabanas* [San José, J.J. y R. Montes (eds.)]. Centro Internacional de Ecología Tropical, Unesco IVIC, Caracas, pp. 513-545.

Fearnside, P., 1990: The Rate and Extent of Deforestation in Brazilian Amazonia. *Environmental Conservation,* 17(3), 213-226.

Fernandes, P.M., A.M.G. Barros, A. Pinto y J.A. Santos, 2016a: Characteristics and controls of extremely large wildfires in the western Mediterranean Basin. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences,* 121(8), 2141-2157.

Fernandes, P.M., A.P. Pacheco, R. Almeida y J. Claro, 2016b: The role of fire-suppression force in limiting the spread of extremely large forest fires in Portugal. *European Journal of Forest Research,* 135, 253-262.

Fernandes, P.M., C. Loureiro, N. Guiomar, G.B. Pezzatti, F.T. Manso y L. Lopes, 2014: The dynamics and drivers of fuel and fire in the Portuguese public forest. *Journal of Environmental Management,* 146, 373-382.

Fidelis, A., S. Alvarado, A. Barradas y V. Pivello, 2018: The Year 2017: Megafires and Management in the Cerrado. *Fire*, 1(3), 49.

FIEB, 2007: *Perspectivas institucionales, ecológicas y socioculturales de los incendios en el Parque Nacional Canaima: I. El fuego en la actividad económica Pemón.* Proceedings VII Congreso Venezolano de Ecología, La Sociedad es parte del Ecosistema, noviembre de 2007 [Señaris, J.C., H. Rojas y L. Lew (eds)]. Federacion Indígena del Estado Bolívar. Sociedad Venezolana de Ecología, Ciudad Guayana, pp 144-154.

FIRMS, 2019: Fire Information for Resource Management System. MODIS (C6) and VIIRS (375 m) active fire data. NASA. Consultado en: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov

Flannigan, M.D., M.A. Krawchuk, W.J. De Groot, B.M. Wotton y L.M. Gowman, 2009: Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire,* 18(5):483-507.

Flantua, S., B. Bilbao y J. Rosales, 2013: Indigenous land use and land cover changes in the National Park of Canaima, Venezuela: Pemón Sector II Kamarata. En: *Libro Escudo Guianes, biodiversidade, conservacão dos recursos naturais e cultura* [Lopes, L.T., S. Arley, J. Silveira da Costa y E.R. Baptista (eds.)]. Belém, Georgetown, NAEA, GSF, pp. 209-224.

Ford, B., M. Val Martin, S.E. Zelasky, E.V. Fischer, S.C. Anenberg, C.L. Heald y J.R. Pierce, 2018: Future Fire Impacts on Smoke Concentrations, Visibility, and Health in the Contiguous United States.

GeoHealth, 2, 229-247.

Frost, P., E. Medina, J.C. Menaut, O. Solbrig, M. Swift y B. Walker (eds.), 1986: Responses of Savannas To Stress and Disturbance. *Biology International,* 10, 1-82.

Garreaud, R., C. Alvarez-Garreton, J. Barichivich, J.P. Boisier, D.A. Christie, M. Galleguillos, C. LeQuesne, J. McPhee y M. Zambrano-Bigiarini, 2017: The 2010-2015 mega drought in Central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrology and Earth System Sciences,* 21, 1-21.

Gateway to South America, 2018: *Paraguay - One of the worlds largest exporters of Soya Beans.* Consultado en: https://www.gatewaytosouthamerica-newsblog.com/paraguay-one-of-the-worlds-largest-exporters-of-soya-offer-investors-a-share/

GFMC, 2016: Global Fire Monitoring Center. Global Wildland Fire Fatalities and Damages Annual Reports 2008-2015. *GFMC/IWPM/UNISDR Global Wildland Fire Network Bulletins,* n.os 13-21. Consultado el 20 de septiembre de 2019 en: www.fire.uni-freiburg.de/media/bulletin_news.htm

Gobierno de Chile, 2017: *Plan de acción para la recuperación del patrimonio natural y productivo afectado por los incendios de 2017* Gobierno de Chile, Ministerios de Agricultura, de Hacienda, de Economía, Fomento y Turismo, del Ambiente. Sitio web consultado en: https://www.google.com/url?q=http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1509997251ProtocoloPlantacionesForestalesinteractivo.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwjbqo6Exc3pAhWQKM0KHRpTChAQFjACegQIBxAB&usg=AOvVaw3XrOF7cPtiFFvRKgjzL-RB

GOFC/GOLD-Fire, 2012: GOFC-GOLD Fire Mapping and Monitoring Implementation. Consultado el 20 de septiembre de 2019 en: https://gofcgold.org/

Goldammer, J.G. (ed.), 2013: *Vegetation Fires and Global Change: Challenges for Concerted International Action. A white paper directed to the United Nations and international organizations.* Global Fire Monitoring Center, Germany, 398 pp. Consultado en: https://gfmc.online/wp-content/uploads/Vegetation-Fires-Global-Change-UN-White-Paper-GFMC-2013.pdf

Golden Gate Weather Services, 2019: *El Niño and La Niña Years and Intensities.* Based on Oceanic Niño Index (ONI). Consultado en: https://ggweather.com/enso/oni.htm

Gómez-González, S., M.E. González, S. Paula, I. Díaz-Hormazábal, A. Lara y M. Delgado-Baquerizo, 2019: Temperature and agriculture are largely associated with fire activity in Central Chile across different temporal periods. *Forest Ecology and Management,* 433, 535-543.

González, M.E., A. Lara, R. Urrutia y J. Bosnich, 2011: Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33°-42°S). *Bosque,* 32, 215-219.

González, M.E., S. Gómez-González, A. Lara, R. Garreaud e I. Díaz-Hormazábal, 2018: The 2010-2015 Megadrought and its influence on the fire regime in central and south-central Chile. *Ecosphere,* 9(8).

González, M.E., R. Sapiains, S. Gómez-González, R. Garreaud, A. Miranda, M. Galleguillos, M. Jacques, A. Pauchard, J. Hoyos, L. Cordero, F. Vásquez, A. Lara, P. Aldunce, V. Delgado, Arriagada, A.M. Ugarte, A. Sepúlveda, L. Farías, R. García, R.J. Rondanelli, R. Ponce, F. Vargas, M. Rojas, J.P.C. Boisier, C. Carrasco, C. Little, M. Osses, C. Zamorano, I. Díaz-Hormazábal, A. Ceballos, E. Guerra, M. Moncada e I. Castillo, 2020: *Incendios forestales en Chile: causas, impactos y resiliencia.* Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2, Universidad de Chile, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile, 80 pp. Consultado el 12 de marzo de 2020 en: http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/01/Informe-CR2-IncendiosforestalesenChile.pdf

Gouveia, C.M, A. Bastos, R.M. Trigo y C.C. Da Camara, 2012: Drought impacts on vegetation in the pre-and post-fire events over Iberian Peninsula. *Natural Hazards and Earth System Sciences,* 12, 3123-3137.

Grace, J., J.J. San José, P. Meir, H.S. Miranda y R.A. Montes, 2006: Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. *Journal of Biogeography,* 33, 387-400.

GWFN, 2019a: *UNISDR global wildland fire network (GWFN).* Consultado el 10 de enero de 2020 en: https://gfmc.online/globalnetworks/Rationale-and-Introduction-1.html

GWMC, 2019b: *Regional South America Wildland Fire Network.* Consultado el 20 de septiembre de 2019 en: https://gfmc.online/globalnetworks/southamerica/SouthAmerica.html

GWMC, 2019c: *Regional Mesoamerica Wildland Fire Network.* Consultado el 20 de septiembre de 219 en: https://gfmc.online/globalnetworks/mesoamerica/mesoamerica-2.html

GWMC, 2019d: *Regional Caribbean Wildland Fire Network.* Consultado el 20 de septiembre de 2019 en: https://gfmc.online/globalnetworks/Caribbean/Caribbean.html

Hansen, M. C., P.V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S.A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S.V. Stehman, S.J. Goetz, T.R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C.O. Justice y J.R.D. Townshend, 2013: High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science,* 342(6160), 850-853.

Hardesty, J., R.L. Myers y W. Fulks, 2005: Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *George Wright Forum,* 22(4), 78-87.

Ibarnegaray, V., C. Pinto y A. Rodriguez, 2014: *Community-based Fire Management: A Participatory Approach Towards Forest Fire Management in Bolivia.* Fundación Amigos de la Naturaleza. Consultado en: http://www.fan-bo.org/download/198/

Ibisch, P.L. y G. Mérida (eds.), 2013: *Biodiversidad: La riqueza de Bolivia.* Estado de conocimiento y conservación. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 638 pp.

ICNF, 2019: *Informes final e provisórios hasta el 2001 al 2019.* Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Portugal. Consultado el 2 de septiembre de 2019 en: http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/relat

IDEAM, 2016: *Monitoreo de Bosques y Recursos Forestales Portal Estadísticas 2010-2016, Colombia.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Consultado el 5 de septiembre de 2019 en: http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/estadisticas-incendios

IDEAM, 2018: *Informe diario de incendios.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Consultado en: http://www.ideam.gov.co/web/pronosticos-y-alertas/

INE, 2014: *Reporte ambiental* n.° 5, 2014. Instituto Nacional de Estadística, República Bolivariana de Venezuela. Consultado el 2 de septiembre de 2019 en: www.ine.gov.ve/documentos/Boletines_Electronicos/Estadisticas_Sociales_y_Ambientales/Reporte_Ambiental/pdf/BoletinAmbiental2014.pdf

INE, 2018: Instituto Nacional de Estadística de Bolivia. Consultado en: https://www.ine.gob.bo/index.php/notas-de-prensa-y-monitoreo/itemlist/category/167-enero-2018

INFOR, 2016: *Anuario Forestal. Boletín estadístico* n.° 140. Instituto Forestal, Santiago, Chile, 83 pp.

INPE, 2019: *Programa Queimadas.* Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil. Consultado el 15 de enero de 2019 en: http://www.inpe.br/queimadas/aq1km/

Instituto Nacional de Bosques, 2017: *Proyecto de Protección Forestal. 2001-2015*. Informes Nacionales de Incendios Forestales 2001-2017, Guatemala. Consultado el 4 de septiembre de 2019 en: http://www.sifgua.org.gt/Incendio.aspx

Instituto Nacional de Estadística, 2017: *Incendios forestales 2013-2017,* Honduras. Consultado el 2 de septiembre de 2019 en: https://www.ine.gob.hn/V3/imag-doc/2019/06/Incendios-Forestales-2013-2017.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2004: *Panamá en cifras 2000-2004,* Panamá. Consultado el 4 de septiembre de 2019 en: http://www.inec.gob.pa/Archivos/P2751Cuadro4.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2008: *Panamá en cifras 2004-2008,* Panamá. Consultado el 4 de septiembre de 2019 en: http://www.inec.gob.pa/Archivos/P2781713-05.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2013: *Panamá en cifras 2009-2013,* Panamá. Consultado el 4 de septiembre de 2019 en: http://www.inec.gob.pa/archivos/P641140.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2017: *Panamá en cifras 2013-2017,* Panamá. Consultado el 4 de septiembre de 2019 en: http://www.inec.gob.pa/archivos/P938139.pdf

IUFRO, 2018: *Global Fire Challenges in a Warming World* [Robinne F.-N., J. Burns, P. Kant, B. de Groot, M.D. Flannigan, M. Kleine y D.M. Wotton (eds.)]. *Occasional Paper,* n.° 32. International Union of Forest Research Organizations, Vienna, Austria.

Jacob, D., J. Petersen, Alias A. Eggert B., O. Christensen, L. Bouwer, A. Braun, A. Colette, M. Déqué, G. Georgievski, E. Georgopoulou, A. Gobiet, L. Menut, G. Nikulin, A. Haensler, N. Hempelmann, C. Jones, K. Keuler, S. Kovats, N. Kröner, S. Kotlarski A. Kriegsmann, E. Martin, E. Meijgaard, C. Moseley, S. Pfeifer, S. Preuschmann, C. Radermacher, K. Radtke, D. Rechid, M. Rounsevell, P. Samuelsson, D. Somot, J.F. Soussana, C. Teichmann, R. Valentini, R. Vautard, B. Weber y P. Yiou, 2013: EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional and Environmental Change,* 14(2), 563-578.

Jardel-Peláez, E.J., D.R Pérez-Salicrup, E. Alvarado y J.E. Morfín Ríos, 2014: *Principios y criterios para el manejo del fuego en ecosistemas forestales: guía de campo.* Comisión Nacional Forestal, Guadalajara, Jal., México, 96 pp.

Jiménez, A.M., L.E. Urrego y L.J. Toro, 2016: Evaluación del comportamiento de incendios de la vegetación en el norte de Antioquia (Colombia): Análisis del paisaje. *Colombia Forestal,* 19(2), 161-180.

Jiménez-Muñoz, J.C., C. Mattar, J. Barichivich, A. Santamaría-Artigas, K. Takahashi, Y. Malhi, J. A. Sobrino y G. Van der Schrier, 2016: Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. *Scientifics Reports,* 6, 33130.

Jiménez-Ruano, A., M.R. Mimbrero y J. de la Riva Fernández, 2017: Understanding wildfires in mainland Spain. A comprehensive analysis of fire regime features in a climate-human context. *Applied Geography,* 89, 100-111.

Jolly, W.M., M.A. Cochrane, P.H. Freeborn, Z.A. Holden, T.J. Brown, G.J. Williamson y D.M.J.S Bowman, 2015: Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications,* 6, 7537.

Karavani, A., M.M. Boer, M. Baudena, C. Colinas, R. Díaz-Sierra, J. Pemán, M. de Luis, A. Enríquez-de-Salamanca y V. Resco de Dios, 2018: Fire-induced deforestation in drought-prone Mediterranean forests: drivers and unknowns from leaves to communities. *Ecological Monographs,* 88 (2), 141-169.

Kitzberger, T., T.W Swetnam y T.T. Veblen, 2001: Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño-Southern Oscillation. *Global Ecology and Biogeography,* 10(3), 315-326.

Kunst, C., S. Bravo y J.L. Panigatti, (eds.), 2003: *Fuego en los ecosistemas argentinos.* INTA EEA Santiago del Estero, Argentina.

Leal, A., J. Paolini-Ruiz, I. Acevedo, B.A. Bilbao, M. Colmenares-Arteaga, J. Contreras, M. Henríquez, W. Hernández, B. Mendoza, J. Pastor Mogollón, J. Mostacero, S. Nozawa, E. Pedraza, G. Picón, W. Rivas, R. Rivera-Lombardi, M. Rondón, D. Thielen, D. Torres, F. Sánchez Orellana, y E. Zambrano, 2018: Ecosistemas terrestres y biodiversidad. En: *Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela* [Villamizar, A., E. Buroz Castillo, R. Lairet Centeno y J. Gómez (eds.)]. Ediciones ACFIMAN-CITECI, Caracas, Venezuela, 486 pp.

Lelieveld, J., J.S. Evans, M. Fnais, D. Giannadaki y A. Pozzer 2015: The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature,* 525, 367-371.

Lima, C.H.R., A. AghaKouchak y J.T. Randerson, 2018: Unraveling the Role of Temperature and Rainfall on Active Fires in the Brazilian Amazon Using a Nonlinear Poisson Model. *Journal of Geophysical Research Biogeosciences,* 123(1), 117-128.

Liu, Y., J. Stanturf y S. Goodrick, 2009: Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management*, 259 (4), 685-697.

Lizundia-Loiola, J., M.L. Pettinari y E. Chuvieco, 2020: Temporal anomalies in burned area trends: satellite estimations of the Amazonian 2019 fire crisis (Letter). *Remote Sensing,* 12, 151.

Llorens, E.M. y E.O. Frank, 2003: El fuego en la provincia de La Pampa. En: *Fuego en los ecosistemas argentinos* [Kunst, C., S. Bravo y J.L. Panigatti (eds.)]. INTA.

Lloret, F., E. Calvo, X. Pons y R. Diaz-Delgado, 2002: Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula. *Landscape Ecology,* 17, 745-759.

Lloret, F. y M. Vilá, 2003: Diversity patterns of plant functional types in relation to fire regime and previous land use in Mediterranean woodlands. *Journal of Vegetation Science*, 14, 387-398.

Loepfe, L., A. Rodrigo y F. Lloret, 2014: Two thresholds determine climatic control of forest fire size in Europe and northern Africa. *Regional Environmental Change,* 14, 1395-1404.

López-Goyburu, P. y L.G. García-Montero, 2018: The urban-rural interface as an area with characteristics of its own in urban planning: A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, 157-165.

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America en: climate change 2014: impacts, adaptation, and Vulnerability. Part b: regional aspects. En: *Contribution of Working*

Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. Maccracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1499-1566.

MAGyP, 2014: *Plantaciones forestales y gestión sostenible*. Unidad de Cambio Rural, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Buenos Aires, Argentina, 14 pp. Consultado en: http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/gestion-forestalsostenible/publi_ambiental.pdf

MAPA, 2019a: *Los Incendios Forestales en España, Decenio 2006-2015.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España, 157 pp. Consultado en: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/incendios-decenio-2006-2015_tcm30-511095.pdf

MAPA, 2019b: *Portal de Estadística General de Incendios Forestales, España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Consultado el 6 de septiembre de 2019 en: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx

Marcos, R., M. Turco, J. Bedia, M.C. Llasat y A. Provenzale, 2015: Seasonal predictability of summer fires in a Mediterranean environment. *International Journal of Wildland Fire,* 24, 1076-1084.

MARN, 2016: *Portal Estadísticas, El Salvador.* Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado el de septiembre de 2019 en: http://www.marn.gob.sv/descargas/Documentos/2018/Anuario%20estadistico%202016.pdf

Martin, P.H. y T.J. Fahey, 2014: Mesoclimatic Patterns Shape the Striking Vegetation Mosaic in the Cordillera Central, Dominican Republic. *Arctic Antarctic and Alpine Research,* 46(4), 755-765.

McDaniel, J., D. Kennard y A. Fuentes, 2005: Smokey the Tapir: Traditional fire knowledge and fire prevention campaigns in lowland Bolivia. *Society and Natural Resources,* 18, 921-931.

Medina, E., 1982: Physiological ecology of neotropical savanna plants. En: *Ecology of tropical savannas* [B.J. Huntley y B.H. Walker (eds.)]. Ecological Studies, 42. Springer, Berlin, pp. 308-335.

Medina, E. y B.A. Bilbao, 1996: Relaciones nutricionales e impacto de incendios en la producción de materia orgánica de pastizales naturales y cultivados, Capítulo 13. En: *Biodiversidad y Funcionamiento de Pastizales y Sabanas en América Latina* [Sarmiento, G. y M. Cabido (eds.)]. CYTED_CIELAT, pp 245-260.

Medina, E. y J.F. Silva, 1990: Savannas of Northern South America: a Steady State Regulated by Water-fire Interactions on a Background of Low Nutrient Availability. *Journal of Biogeography,* 17, 403-413.

Melo, M.M.D. y C.H. Saito, 2011: Regime de queima das caçadas com uso do fogo realizadas pelos xavante no cerrado. *Biodiversidade Brasileira,* 2, 97-109.

Millán, A., 2015: *Bases para la creación de un plan de manejo integral del fuego en el Parque Nacional Canaima, Venezuela.* Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

Minnich, R.A., 1983: Fire Mosaics in Southern California and Northern Baja California. *Science,* 219, 1287-1294.

Minnich, R.A., M.G. Barbour, J.H. Burk y J. Sosa-Ramirez, 2000: Californian mixed conifer forests under unmanaged fire regimes in the Sierra San Pedro Mártir, Baja California, Mexico. *Journal of Biogeography,* 27, 105-129.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2016: *Estadística de Incendios Forestales 2016*. Consultado el 7 de septiembre de 2019 en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/incendios_forestales_2016_1.pdf

Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, 2017: *Estrategia Nacional para el Abordaje de la Deforestación y Degradación de los Bosques en Guatemala ENDDBG*, documento preliminar-versión consulta. 97 pp. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Consultado en: http://www.marn.gob.gt/Multimedios/10060.pdf

Miranda, H.S., M.N Sato, W.N. Neto y F.S Aires, 2009: Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. En: *Tropical Fire Ecology* [Cochrane, M. (ed.)]. Springer Praxis Books, Springer, Berlin, Heidelberg.

Mistry, J., A. Berardi, V. Andrade, T. Krahô, P. Krahô y O. Leonardos, 2005: Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: the case of the Krahô of Tocantíns. *Human Ecology,* 33(3), 365-386.

Mistry, J., B.A. Bilbao y A. Berardi, 2016: Community owned solutions for fire management in tropical ecosystems: case studies from Indigenous communities of South America. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,* 371(1696), 20150174.

Mistry, J., I.B. Schmidt, L. Eloy y B.A. Bilbao, 2018: New perspectives in fire management in South American savannas: The importance of intercultural governance. *Ambio,* 48, 2, 172-179.

Modugno, S., H. Balzter, B. Cole y P. Borrelli, 2016: Mapping regional patterns of large forest fires in Wildland-Urban Interface areas in Europe. *Journal of Environmental Management,* 172, 112-126.

Moreira, F., D. Ascoli, H. Safford, M.A. Adams, J.M. Moreno, J.M. Pereira, F.X. Catry, J. Armesto, W. Bond, M.E. Gonzalez, T. Curt, N. Koutsias, L. McCaw, O. Price, J.G. Pausas, E. Rigolot, S. Stephens, C. Tavsanoglu, V.R. Vallejo, B.W. van Wilgen, G. Xanthopoulos y P.M. Fernandes, 2020b: Wilfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed. *Environmental Research Letters,* 15, 011001.

Moreira, F., F.C. Rego y P.G. Ferreira, 2001: Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. *Landscape Ecolgy,* 16, 557-567.

Moreira, F., F.X. Catry, F. Rego y F. Bacao, 2010: Size-dependent pattern of wildfire ignitions in Portugal: when do ignitions turn into big fires. *Landscape Ecology,* 25, 1405-1417.

Moreira, F., O. Viedma, M. Arianoutsou, T. Curt, N. Koutsias, E. Rigolot, A. Barbati, P. Corona, P. Vaz, G. Xanthopoulos, F. Mouillot y E. Bilgili, 2011: Landscape - wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management,* 92, 2389-2402.

Moreira, I., C. Linares, F. Follos, G. Sánchez-Martínez, J.M. Vellón y J. Díaz, 2020a: Short-term effects of Saharan dust intrusions and biomass combustion on birth outcomes in Spain. *Science of Total Environment,* 701, 134755.

Moreno, J.M., A. Vázquez y R. Vélez, 1998: Recent history of forest fires in Spain. *Large forest fires* [Moreno, J.M. (ed.)]. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 159-185.

Moreno, J.M, J. A. Alloza, J. Bedia, D. Chamorro Cobo, M.M. Fernández Ramiro, M. Franquesa, C. Guerrero Vera, J.M. Gutiérrez, M.B. Hinojosa Centeno, B. Mateos Grande, B. Luna Trenado, J.R. Molina Martínez, B. Pérez Ramos, C. Quesada Cortés, F. Rodríguez y Silva, M. Rodríguez Victori, L. Ruiz Tudela, I. Torres, V.R. Vallejo, I.R. Urbieta, O. Viedma y G. Zavala, 2016: *Los incendios forestales en España en un contexto de cambio climático: Información*

y herramientas para la adaptación (INFOADAPT). Memoria final de proyecto. Fundación Biodiversidad, UCLM, CEAM, IFCA, TRAGSATEC y UCO, 326 pp. Documento web consultado en enero de 2020: https://www.adaptecca.es/sites/default/files/editor_documentos/infoadapt_memoria_final_proyecto.pdf

Moreno, J.M., I.R. Urbieta, J. Bedia, J.M. Gutiérrez y V.R. Vallejo, 2015: Los incendios forestales en España ante al cambio climático. En: *Los Bosques y la Biodiversidad Frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España* [Herrero, A. y M.A. Zavala (eds.)]. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, España, pp. 395-405.

Moreno, J.M., V.R. Vallejo y E. Chuvieco, 2013: Current fire regimes, impacts and the likely changes VI: Euro Mediterranean. En: *Vegetation Fires and Global Change - Challenges for Concerted International Action. A White Paper directed to the United Nations and International Organizations* [J.G. Goldammer (ed.)]. Global Fire Monitoring Center (GFMC), Kessel Publishing House, pp 115-131.

Moreno, M.V. y E. Chuvieco, 2013: Characterising fire regimes in Spain from fire statistics. *International Journal of Wildland Fire,* 22, 296-305.

Morici, E., V. Doménech-García, G. Gómez-Castro, A. Kin, A. Saenz y C. Rabotnikof, 2009: Diferencias estructurales entre parches de pastizal del caldenal y su influencia sobre el banco de semillas, en la provincia de La Pampa, Argentina. *Agrociencia,* 43, 529-537.

Moritz, M.A., E. Batllori, R.B. Bradstock, A.M. Gill, J. Handmer, P.F. Hessburg, J. Leonard, S. McCaffrey, D.C. Odion, T. Schoennagel y A.D. Syphard, 2014: Learning to coexist with wildfire. *Nature,* 515(7525), 58-66.

Mouillot, F. y C. Field, 2005: Fire history and the global carbon budget: a 1° x 1° fire history reconstruction for the 20th century. *Global Change Biology,* 11, 398-420

Myers, R. 2006: *Living with fire: Sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management.* Global Fire Initiative, The Nature Conservancy, 36 pp.

Myers, R., J.O 'Brien y S. Morrison, 2006: *Descripción general del manejo del fuego en las sabanas de pino caribe (Pinus caribaea) de la Mosquitia, Honduras*. GFI informe técnico 2006-1a. The Nature Conservancy, Arlington. 34 pp.

NASA Earth Observatory, 2017a: *Fires in Portugal.* Consultado el 30 de octubre de 2018 en: https://earthobservatory.nasa.gov/images/90423/fires-in-portugal

NASA Earth Observatory, 2017b: *Wildfires Light Up Portugal.* Consultado el 30 de octubre de 2018 en: https://earthobservatory.nasa.gov/images/90427/wildfires-light-up-portugal

NASA Earth Observatory, 2017c: *Fires Continue in Chile.* Consultado el 12 de noviembre de 2018 en: https://earthobservatory.nasa.gov/images/89523/fires-continue-in-chile?src=ve

NASA Earth observatory, 2019: *Fire Burns in Paraguay, Bolivia, and Brazil.* Consultado el 29 de noviembre de 2019 en: https://earthobservatory.nasa.gov/images/145522/fire-burns-in-paraguay-bolivia-and-brazil?src=ve

Nepstad, D.C., C.M. Stickler, B.S. Filho y F. Merry, 2008: Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B,* 363(1498), 1737-1746.

Nolasco, M.I.M. y P.I. Sanhueza, 2011: Wildfires in South America. *Crisis response,* 6(1), 56-57.

Nunes, M.C.S., M.J. Vasconcelos, J.M.C. Pereira, N. Dasgupta y R.J. Alldredge, 2005: Land cover type and fire in Portugal: do fires burn lands cover selectively. *Landscape Ecology,* 20, 661-673.

OECC, (Oficina Española de Cambio Climático), 2006: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. Consultado en: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/

Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba, 2008: *Las Estadísticas del Medio Ambiente en la Revolución,* Cuba, 133-136. Consultado el 7 de septiembre de 2019 en: http://www.one.cu/publicaciones/50aniversario/medio%20ambiente/public%20completa.pdf

Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba, 2010: *Panorama ambiental Cuba 2010, Año internacional de los bosques,* 32. Consultado el 7 de septiembre de 2019 en: http://www.one.cu/publicaciones/04industria/medioambientecifras/medioamb2010.pdf

Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba, 2017: *Anuario estadístico de Cuba 2016,* Capítulo 2: Medio ambiente, 49. Consultado 7 de septiembre de 2019 en: http://www.one.cu/aec2016/02%20Medio%20Ambiente.pdf

Oliveira, G. y S. Hecht, 2016: Sacred groves, sacrifice zones and soy production: globalization, intensification and neo-nature in South America. *Journal of Peasant Studies,* 43(2), 251-285.

Oliveira, S.L., F. Moreira, R. Boca, J. San-Miguel-Ayanz y J.M.C. Pereira, 2014: Assessment of fire selectivity in relation to land cover and topography: a comparison between Southern European countries. *International Journal of Wildland Fire,* 23, 620-630.

Oliveira, S.L., F. Oehler, J. San-Miguel-Ayanz, A. Camia y J.M.C Pereira, 2012a: Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using multiple regression and random forest. *Forest Ecology and Management,* 275, 117-129.

Oliveira, S.L., J.M. Pereira y J.M.B. Carreiras, 2012b: Fire frequency analysis in Portugal (1975 - 2005), using Landsat-based burnt area maps. *International Journal of Wildland Fire,* 21(1), 48.

ONE, 2019: *El portal de las estadísticas dominicanas.* Oficina Nacional de Estadística. Ministerio de medio Ambiente y Recursos Naturales, República Dominicana. Consultado el 1 de diciembre de 2019 en: https://www.one.gob.do/medioambiente/eventos-extremos-y-desastres

OSBOdigital, 2019: *Amazonia sin fuego, un programa para reducir los incendios forestales.* Ministerio del Ambiente del Ecuador. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Programa Amazonia Sin Fuego. Consultado el 16 de diciembre de 2019 en: https://osbodigital.es/2019/05/30/amazonia-sin-fuego-un-programa-para-reducir-los-incendios-forestales/

Pascale, S., V. Lucarini, X. Feng, A. Porporato y S.U.L. Hasson, 2016: Projected changes of rainfall seasonality and dry spells in a high greenhouse gas emissions scenario. *Climate Dynamics,* 46, 1331-1350.

Pausas, J.G., 2004: Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin). *Climatic Change,* 63, 337-350.

Pausas, J.G. y J. E. Keeley, 2009: A burning story: The role of fire in the history of life. *BioScience,* 59(7), 593-601.

Pausas, J.G. y S. Fernández-Muñoz, 2012: Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic Change,* 110, 215-226.

Pausas, J.G. y E. Ribeiro, 2013: The global fire-productivity relationship. *Global Ecology and Biogegraphy,* 22, 728-736.

Pechony, O. y D.T. Shindell, 2010: Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.,* 107, 19167-19170.

Pereira, J.M., R. Trigo, C. da Camara, J. Pereira y S. Leite, 2005: Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology,* 129, 11-25.

Pereira, JM., T. Calado, C. Da Camara y T. Calheiros, 2013: Effects of regional climate change on rural fires in Portugal. *Climate Research,* 57(3), 187-200.

Pérez-Salicrup, D.R., M. Cantú-Fernández, T. Carlón-Allende, E. Garduño-Mendoza, P. Jaramillo-López, E. Sáenz-Ceja y L. Martínez-Torres, 2016: Restauración de un proceso: el fuego en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. En: *Experiencias Mexicanas en Restauración de Ecosistemas* [Ceccon, E., y M.C Martínez Garza (eds.)]. Conabio, CRIM-UNAM, CIByC-UAEM, pp. 215-234.

Pérez-Salicrup, D.R., R. Ortíz Mendoza, E. Garduño Mendoza, L. Martínez-Torres, K. Oceguera Salazar, S. Quintero Gradilla, F. Castillo Navarro, E. Alvarado Celestino y A. González Cabán, 2018: Coordinación institucional para la realización de quemas prescritas y quemas controladas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales,* 9, 252-270: https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i49.169

Petersen, R. y C. Stevens, 2014: 3 *Maps Show Importance of Local Communities in Forest Conservation.* World Resource Institute. Disponible en: http://www.wri.org/blog/2014/10/3-maps-show-importance-local-communitiesforest-conservation

Pivello, V.R., 2006: Fire management for biological conservation in the Brazilian cerrado. *Savannas and Dry Forests: Linking People with Nature* [Mistry, J., y A. Berardi (eds.)], Ashgate Publications.

Pivello, V.R., 2011: The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. *Fire Ecology,* 7(1), 24-39.

Pivello, V.R., y G.A. Norton, 1996: FIRETOOL: an expert system for the use of prescribed fires in Brazilian savannas. *Journal of Applied Ecology,* 33(2), 348-356.

Programa Nacional de Manejo del Fuego SINAC-MINAET, 2018: *Estadísticas de incendios 2000-2017 en Costa Rica.* Consultado el 7 de septiembre de 2019 en: https://www.sirefor.go.cr/Sirefor/publicaciones_tabla?nombre=Fuego_T

Rada, O.P., M.E. Zaballa Romero, M.R. Pinto, E.G. Apaza y R. Mantilla, 2009: *Segunda Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* Programa Nacional de Cambios Climáticos, Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 207 pp.

Radeloff, V.C., R.B. Hammer, S.I. Stewart, J.S. Fried, S.S. Holcomb y J.F. McKeefry, 2005: The wildland-urban interface in the United States. *Ecological Applications*, 15, 799-805.

Ramos-Neto, M. y V.R. Pivello, 2000: Lightning Fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking Management Strategies. *Environmental Management*, 26(6), 675-684.

Ratter, J.A., S. Bridgewater y J. F. Ribeiro, 1997: *Biodiversity patterns of woody cerrado vegetation: an overall view. Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da Flora do Brasil.* Sociedade Botânica do Brasil. [Araújo, E.L., E.V.S.B. Sampaio, L.M.S. Gestinari y J.M.T. Carneiro (eds.)] Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, 55-57 pp.

RedLatiF, 2019: Red Latinoamericana de Teledetección e Incendios Forestales. Consultado el 12 de septiembre de 2019 en: http://www.redlatif.org

Rego, F., E. Rigolot, P. Fernandes, C. Montiel y J.S. Silva, 2010: *Towards integrated fire management.* EFI Policy Brief 4. European Forest Institut, 13 pp.

Rivera-Huerta, H., H.D. Safford y J.D. Miller, 2016: Patterns and trends in burned area and fire severity 1984-2010 in the Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. *Fire Ecology,* 12, 52-72.

Robbins, A.M.J., C.M. Eckelmann y M. Quiñones, 2008: Forest Fires in the Insular Caribbean. *Ambio,* 37(7), 528-534.

Rodgers, L., Stylianou, N., Guibourg, C., Hills, M. y D. Bailey, 2019: The Amazon in Brazil is on Fire-How Bad is It? *BBC News.* Consultado el 5 de enero de 2020 en: https://www.bbc.com/news/world-latin-america-49433767

Rodrigues, M., A. Jiménez y J. de la Riva, 2016: Analysis of recent spatial-temporal evolution of human driving factors of wildfires in Spain. *Natural Hazards,* 84, 2049-2070.

Rodrigues, M., A. Jiménez-Ruano y J. de la Riva, 2019: Fire regime dynamics in mainland Spain. Part 1: Drivers of change. *Science of Total Environment,* 135841.

Rodrigues, M., J. de la Riva y S. Fotheringham, 2014: Modeling the spatial variation of the explanatory factors of human-caused wildfires in Spain using geographically weighted logistic regression. *Applied Geography,* 48, 52-63.

Rodriguez, I., B. Sletto, B. Bilbao y A. Leal, 2013: Opening up fire conflicts: Reflexive governance and transformative knowledge networks in culturally fragile indigenous landscapes. *STEPS Working Paper 54*, Brighton: STEPS Centre.

Rodriguez-Montellano, A.M., 2014: *Incendios y quemas en Bolivia, análisis histórico desde 2000 a 2013.* Editorial FAN, Santa Cruz, Bolivia.

Rodríguez-Trejo, D.A., H. Tchikoué, C. Cíntora-González, R. Contreras-Aguado y A. de la Rosa-Vázquez, 2011. Modelaje del peligro de incendio forestal en las zonas afectadas por el huracán Dean. *Agrociencia,* 45(5), 593-608.

Romero-Ruiz, M., A. Etter, A. Sarmiento y K. Tansey, 2010: Spatial and temporal variability of fires in relation to ecosystems, land tenure and rainfall in savannas of northern South America. *Global Change Biology,* 16, 2013-2023.

Roy, D.P., L. Boschetti, C.O. Justice y J. Ju, 2008: The collection 5 MODIS burned area product – Global evaluation by comparison with the MODIS active fire product. *Remote Sensing of Environment*, 112(9), 3690-3707.

Russell-Smith, J., C. Monagle, M. Jacobsohn, R.L. Beatty, B. Bilbao, A. Millán, H. Vessuri e I. Sánchez-Rose, 2017: Can savanna burning projects deliver measurable greenhouse emissions reductions and sustainable livelihood opportunities in fire-prone settings. *Climatic Change,* 140(1), 47-61.

Russo, A., C.M. Gouveia, P. Páscoa, C.C Da Camara, P.M. Sousa y R.M. Trigo, 2017: Assessing the role of drought events on wildfires in the Iberian Peninsula. *Agricultural and Forest Meteorology,* 237, 50-59.

Sabuco Cárdenas, P., 2013: La problemática de los incendios forestales y bases para su teledetección en el Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad,* 3(2).

Salazar-Gascón, R.E. y C.D.M Martins Ferreira, 2018: Influência dos eventos extremos enos e amo entre 2003-2014 no clima e regimes de fogo na Gran Sabana, Parque Nacional Canaima, Guiana venezolana. *Revista Brasileira de Climatologia,* 22, 55-75.

Salgado-Labouriau, M.L., V. Casseti, K.M. Ferraz-Vicentini, L. Martin, F. Soubiès, K. Suguio y B. Turcq, 1997: Late Quaternary vegetational

and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 128(1-4), 215-226.

San José, J.J. y M. Fariñas, 1983: Changes in tree density and species composition in a protected Trachypogon savanna in Venezuela. *Ecology,* 64, 447-458.

San-Miguel-Ayanz, J., E. Schulte, G. Schmuck y A. Camia, 2013: The European Forest Fire Information System in the context of environmental policies of the European Union. *Forest Policy and Economics*, 29, 19-25.

San-Miguel-Ayanz, J., T. Durrant, R. Boca, G. Libertà, A. Branco, D. de Rigo, D. Ferrari, P. Maianti, T. Artés Vivancos, H. Costa, F. Lana, P. Löffler, D. Nuijten, A.C. Ahlgren y T. Leray, 2018: *Forest Fires in Europe, Middle East and North, Africa 2017.* European Commission, Joint Research Center, Italy, 142 pp. Consultado en: https://effis.jrc.ec.europa.eu/media/cms_page_media/40/Annual_Report_2017_final_print_images_updated.pdf

Sarmiento, F. y L. Frolich, 2002: Andean Cloud Forest Tree Lines: Naturalness, Agriculture and the Human Dimension. *Mountain Research and Development,* 22(3): 278-287.

Sarmiento, G., 1984: *The ecology of neotropical savannas.* Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Satrifo, 2019: *Sistema de monitoreo y alerta temprana de riesgos de incendios forestales*. Disponible en: http://incendios.fan-bo.org/Satrifo/mapa-interactivo/

Schlichter, T. y P. Laclau, 1998: Ecotono estepa-bosque y plantaciones forestales en la Patagonia norte. *Ecología Austral,* 8, 285-296.

Schultz, M.G., A. Heil y J.J. Hoelzemann, 2008: Global wildland fire emissions from 1960 to 2000. *Global Biogeochemical Cycles,* 22, GB2002.

Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019 a: Dirección Nacional de Bosques. Secretaría de Modernización Presidencia de la Nación, Argentina. Consultado el 16 de agosto de 2019 en: http://datos.gob.ar/dataset/ambiente-incendios-forestales

Secretaría de Gobierno Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019b: Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques de la Argentina. Consultado el 12 de noviembre de 2019 en: http://snmb.ambiente.gob.ar/develop/

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2007: *Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado el 14 de noviembre de 2019 en: http://www.proyectomesoamerica.org:8088/emsa/documentos/Marco%20estrat%C3%A9gico/EMSA.pdf

SERFOR, (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre), 2018: *Plan de prevención y Reducción de riesgos de incendios forestales, Perú.* Consultado el 10 de septiembre de 2019 en: https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf

Shlisky, A., J. Waugh, P. Gonzalez, M. Gonzalez, M. Manta, H. Santoso, E. Alvarado, A. Ainuddin Nuruddin, D.A. Rodríguez-Trejo, R. Swaty, D. Schmidt, M. Kaufmann, R. Myers, A. Alencar, F. Kearns, D. Johnson, J. Smith, D. Zollner y W. Fulks, 2007: *Fire, Ecosystems and People: Threats and Strategies for Global Biodiversity Conservation.* GFI Technical Report 2007-2. The Nature Conservancy. Arlington, VA. pp 28.

Shlisky, A., R. Meyer, J. Waugh y K. Blankenship, 2008: Fire, nature, and humans: global challenges for conservation. *Fire Management Today,* 68(4), 36-42.

Silva, C.V.J., L. Aragão, J. Barlow, F. Espirito-Santo, P.J. Young, L.O. Anderson, E. Berenguer, I. Brasil, I.F. Brown, B. Castro, R. Farias, J. Ferreira, F. França, P.M.L.A. Graça, L. Kirsten, A.P. Lopes, C. Salimon, M.A. Scaranello, M. Seixas, F.C. Souza y H.A.M. Xaud, 2018: Drought-induced Amazonian wildfires instigate a decadal-scale disruption of forest carbon dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 373(1760), 20180043.

Silva, J.F., J. Raventos, H. Caswell y M.C. Trevisan, 1991: Population responses to fire in a tropical savanna grass, *Andropogon semiberbis*: a matrix model approach. *The Journal of Ecology*, 79, 345-355.

Silva Junior, C., L., Aragão, M. Fonseca, C. Almeida, L. Vedovato y L. Anderson, 2018: Deforestation-Induced Fragmentation Increases Forest Fire Occurrence in Central Brazilian Amazonia. *Forests*, 9(6), 305.

Simon, M.F., R. Grether, L.P. de Queiroz, C. Skema, R.T. Pennington y C.E. Hughes, 2009: Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.,* 106(48), 20359-20364.

SINAGIR, 2019: *Condiciones de Peligro de Incendios en el País - Áreas más críticas.* Consultado el 2 de septiembre de 2019 en: https://www.argentina.gob.ar/sinagir/peligro-incendios-forestales

Soares-Filho, B.S., D.C. Nepstad, L.M. Curran, G.C. Cerqueira, R.A. García, C.A. Ramos, E. Voll, A. McDonald, P. Lefebvre y P. Schlesinger, 2006: Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440(7083), 520-523.

Sousa, P.M., R.M. Trigo, M.G. Pereira, J. Bedia y J.M. Gutierrez, 2015: Different approaches to model future burnt area in the Iberian Peninsula. *Agricultural and Forest Meteorology,* 202, 11-25.

Stephens, S.L. y P.Z. Fulé, 2005: Western pine forests with continuing frequent fire regimes: possible reference sites for management. *Journal of Forestry*, 103(7), 357-362.

Stevens, C., R. Winterbottom, J. Springer y K. Reytar, 2014: *Securing rights, combating climate change. How strengthening community forest rights mitigates climate change.* World Resources Institute, Washington DC, USA. Consultado en: www.wri.org/securing-rights

The International Charter Space and Major Disasters, 2007: *Incendios Paraguay 2007.* Consultado en: https://disasterscharter.org/es/web/guest/activations/-/article/fires-in-paragu-9

Trabaud, L., 1994: Postfire Plant Community Dynamics in the Mediterranean Basin. En: *The Role of Fire in Mediterranean-type Ecosystems* [Moreno, J.M. y W.C. Oechel (eds.)]. Springer New York, pp 1-15.

Trigo, R.M., P.M. Sousa, M.G. Pereira, D. Rasilla y C.M. Gouveia, 2013: Modelling wildfire activity in Iberia with different atmospheric circulation weather types. *Internation Journal of Climatology,* 7, 2761-2778.

Turco, M, J. Bedia, F. Di Liberto, P. Fiorucci, J. von Hardenberg, N. Koutsias, M.-C. Llasat, F. Xystrakis y A. Provenzale, 2016: Decreasing Fires in Mediterranean Europe. *Plos One,* 11, e0150663.

Turco, M., J. J. Rosa-Cánovas, J. Bedia, S. Jerez, J.P. Montávez, M.C. Llasat y A. Provenzale, 2018: Exacerbated fires in Mediterranean Europe due to anthropogenic warming projected with non-stationary climate-fire models. *Nature Communications,* 9(1): 3821

Turco, M., S. Jerez, S. Augusto, P. Tarín-Carrasco, N. Ratola, P. Jiménez-Guerrero y R.M. Trigo, 2019: Climate drivers of the 2017 devastating fires in Portugal. *Scientific Reports,* 9, 13886.

UNISDR, 2005: *Extract from the final report of the World Conference on Disaster Reduction* (A/CONF.206/6). International Strategy for Disaster Reduction. Consultado el 10 de septiembre de 2019 en: https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf

Universidad de Chile, 2016: *Informe país, estado del medio ambiente en Chile, comparación 1999-2005*. Centro de análisis de políticas públicas. Maval Impresores, Chile, 605 pp.

UN-REDD+, 2019: *Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de los bosques en los países en desarrollo* (*Programa ONU-REDD*). Consultado el 20 de octubre de 2019 en: https://www.un-redd.org/

Urbieta, I.R., G. Zavala, J. Bedia, J.M Gutiérrez, J. San Miguel-Ayanz, A. Camia, J.E. Keeley y J.M. Moreno, 2015: Fire activity as a function of fire-weather seasonal severity and antecedent climate across spatial scales in southern Europe and Pacific western USA. *Environmental Research Letters*, 10, 114013.

Urbieta, I.R., M. Franquesa, O. Viedma y J.M. Moreno, 2019: Fire activity and burned forest lands decreased during the last three decades in Spain. *Annals of Forest Science,* 76, 90.

UTL La Paz, 2013: *Cooperación Italiana en la Región Andina: Bolivia-Ecuador-Perú,* 29 pp. Consultado en: http://aicslapaz.com/2013/wp-content/uploads/2013/05/Proyectos-Region-Andina_COMPLETO_ESP.pdf

Van der Werf, G.R., J.T. Randerson, L. Giglio, G.J. Collatz, M. Mu, P.S. Kasibhatla, D.C. Morton, R.S. DeFries, Y. Jin y T.T. van Leeuwen, 2010: Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009). *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 11707-11735.

Van Doorn, A. y M. Bakker, 2007: The destination of arable land in a marginal agricultural landscape in South Portugal: an exploration of land use change determinants. *Landscape Ecoogy,* 22, 1073-1087.

Van Lierop, P., E. Lindquist, S. Sathyapala y G. Franceschini, 2015: Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. *Forest Ecology and Management*, 352: 78-88.

Vázquez, A. y J.M. Moreno, 1993: Sensitivity of fire occurrence to meteorological variables in Mediterranean and Atlantic areas of Spain. *Landscape and Urban Planning,* 24(1-4), 129-142.

Vázquez, A. y J.M. Moreno, 1998: Patterns of lightning, and people-caused fires in peninsular Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 8, 103-115.

Vázquez de la Cueva, A., J.R Quintana e I. Cañellas, 2012: Fire activity projections in the SRES A2 and B2 climatic scenarios in peninsular Spain. *International Journal of Wildland Fire,* 21, 653-665.

Veblen, T.T., T. Kitzberger y E. Raffaele, 2008: The historical range of variability of fires in the Andean-Patagonian Nothofagus forest region. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 724-741.

Verdú, F., J. Salas y C. Vega-García, 2012: A multivariate analysis of biophysical factors and forest fires in Spain, 1991-2005. *International Journal of Wildland Fire*, 21(5), 498-509.

Viedma, O., I.R. Urbieta y J.M. Moreno. 2018: Wildfires and the role of their drivers are changing over time in a large rural area of west-central Spain. *Scientific Reports,* 8(1), 17797.

Viedma, O., J.M. Moreno y I. Rieiro, 2006: Interactions between land use/land cover change, forest fires and landscape structure in Sierra de Gredos (Central Spain). *Environmental Conservation*, 33, 212-222.

Viedma, O, N. Moity y J.M. Moreno, 2015: Changes in landscape fire-hazard during the second half of the 20th century: Agriculture abandonment and the changing role of driving factors. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 207, 126-140.

Walcott, J., J. Thorley, V. Kapos, L. Miles, S. Woroniecki y R. Blaney, 2015: *Mapeo de los beneficios múltiples de REDD+ en Paraguay: utilización de la información espacial para apoyar la planificación del uso de la tierra.* Cambridge: UNEP-WCMC, 56 pp. Consultado en: http://www.infona.gov.py/application/files/1514/5433/4087/Mapeo_de_beneficios_multiples.pdf

Walter, B.M.T. y J.F. Ribeiro, 2010: Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no bioma Cerrado. En: *Efeitos do regime do fogo sobre a estrutura de comunidades de cerrado: resultados do Projeto Fogo* [Miranda H.S. (ed.)]. IBAMA, Brasília, Brasil, pp. 59-76.

Welch, J.R., E.S. Brondízio, S.S. Hetrick y C.E.A. Coimbra Jr., 2013: Indigenous burning as conservation practice: neotropical savanna recovery amid agribusiness deforestation in Central Brazil. *Plos One*, 8(12), e81226.

Tabla 12.1. Fuentes de consulta de las estadísticas de incendios por países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

País	Organismo o institución responsable de los reportes o registros de incendios forestales	Fuentes de información	Sistema de detección	Observaciones
Andorra	Sin información			Representantes del Gobierno de Andorra confirmaron que no existe aún disponible información sobre la incidencia de incendios en ese país.
Argentina	Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Dirección Nacional de Bosques	Portal Datos Argentina de la Secretaría de Modernización Presidencia de la Nación (Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019a, b)	La información provee datos sobre la superficie afectada por incendios forestales, la cual es reportada por las instituciones encargadas de atender el incendio forestal: Servicios Forestales Provinciales, Administración de Parques Nacionales y en otros, por Defensa Civil, Cuerpo de Bomberos y Policía de la provincia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2016).	El portal web de la Dirección Nacional de Bosques de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable provee información sobre estadísticas de incendios forestales: número de incendios y causas por provincia y departamentos a partir del 2001 (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019b). Es importante destacar la existencia del Sistema Nacional para la Gestión Integral del Riesgo, la cual provee información relativa a las condiciones de peligro de incendios en el país (SINAGIR, 2019).
Bolivia	Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), organismo no gubernamental	1. Reporte sobre incendios forestales en Bolivia (FAN, 2019a) 2. Reporte de incendios forestales a nivel nacional (FAN, 2019b)	Superficie afectada por el fuego que resulta de la clasificación de las cicatrices utilizando imágenes Landsat y MODIS.	La información recopilada corresponde a la superficie afectada por incendios forestales en el periodo comprendido entre el 2001 y el 2019. El monitoreo tanto del número de fuegos activos como de las superficies afectadas por el fuego es documentado por la FAN (ONG). El Estado boliviano aún no dispone de un portal web que permita acceder a la información relativa a la detección y combate de incendios forestales.
Brasil	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	Programa Queimadas (INPE, 2019)	Se utilizan los nueve satélites que tienen sensores ópticos que operan en el rango térmico medio de 4 um y que INPE puede recibir. A partir de septiembre 2019, las imágenes de los satélites polares, el AVHRR/3 de *NOAA-18, NOAA-19* y *METOP-B,* el MODIS de *NASA TERRA* y *AQUA* y el VIIRS de *NPP-Suomi* y *NOAA-20* y las imágenes de los satélites geoestacionarios *GOES-16* y *MSG-3* son procesadas operativamente en la División de Generación de Imágenes-DGI y la División de Sistemas y Satélites Ambientales-DSA (INPE, 2019).	El portal web del INPE (2019) Programa Queimadas publica información sobre número de fuegos activos y superficies afectadas por el fuego para Brasil y número de fuegos activos para todos los países de Sudamérica. En este capítulo se utilizó la información correspondiente a la superficie afectada por el fuego en Brasil durante el periodo comprendido entre el 2001y el 2019. Actualmente, Prevfogo/Ibama está desarrollando el Sistema Nacional de Información sobre Incendios (Sisfogo), que es una herramienta automatizada para la gestión de alertas y registros de incendios forestales, quema controlada y recursos humanos y materiales en el país; por el momento el portal web de Sisfogo solo está disponible para personal autorizado.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 12.1 (Cont.). Fuentes de consulta de las estadísticas de incendios por países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

País	Organismo o institución responsable de los reportes o registros de incendios forestales	Fuentes de información	Sistema de detección	Observaciones
Chile	Corporación Nacional Forestal (CONAF)	Estadísticas históricas de incendios forestales (CONAF, 2019)	Toda la información se maneja y archiva bajo el Sistema de Información Digital para Control de Operaciones-SIDCO que opera CONAF. La información desplegada corresponde al total del país, la cual es recolectada en campo a partir de información proporcionada por los comandantes de Incidente asignados a los incendios forestales atendidos directamente por CONAF o de la información aportada por empresas forestales y Cuerpos de Bomberos. Para los incendios de magnitud (mayores de 200 ha), el área quemada se determina con mediciones terrestres o aéreas del perímetro usando GPS con apoyo remoto de imágenes satelitales y posterior verificación de terreno.	El portal web ofrece información sobre estadísticas de número de incendios y áreas afectadas por incendios forestales. Los datos utilizados corresponden al periodo comprendido entre 2001 y 2018.
Colombia	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Monitoreo de Bosques y Recursos Forestales Portal Estadísticas (IDEAM, 2016, 2018)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios forestales.	La estadística es presentada en forma de gráficos anuales de número de fuegos y superficie afectada por incendios forestales en el país. Se utilizó la información disponible comprendida entre los años 2001 y 2016.
Costa Rica	Programa Nacional de Manejo del Fuego SINAC-MINAET	Estadísticas de incendios 2000-2017 en Costa Rica (Programa Nacional de Manejo del Fuego SINAC-MINAET, 2018)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios forestales.	La información consultada corresponde al periodo comprendido entre el 2001 y el 2017.
Cuba	Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba	1. Las Estadísticas de Medio Ambiente y su evolución en la Revolución. 1958-2008 (Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba, 2008) 2. Panorama ambiental Cuba 2010. Año internacional de los bosques (Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba, 2010) 3. Anuario estadístico de Cuba 2016. Capítulo 2: Medio ambiente. Edición 2017 (Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba, 2017)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios forestales.	Se utilizaron los datos disponibles en los anuarios de estadística nacional comprendidos entre los años 2001 y 2016.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 12.1 (Cont.). Fuentes de consulta de las estadísticas de incendios por países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

País	Organismo o institución responsable de los reportes o registros de incendios forestales	Fuentes de información	Sistema de detección	Observaciones
Ecuador	Sin información			No existe información publicada disponible.
El Salvador	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Portal Estadísticas (MARN, 2016)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios forestales.	Los datos reportados en los anuarios de estadística nacional corresponden al periodo 2006-2016.
España	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)	Portal de Estadística General de Incendios Forestales (MAPA, 2019b)	La información es recabada a través de la cumplimentación del respectivo Parte de Incendio Forestal y su/s Parte/es de Monte asociado/os, a cargo de los servicios competentes de la comunidad autónoma correspondiente.	Los datos consultados corresponden al periodo 2001-2019.
Guatemala	Instituto Nacional de Bosques	Proyecto de Protección Forestal, 2001-2015. Informes Nacionales de Incendios Forestales (Instituto Nacional de Bosques, 2017)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios forestales.	La Dirección de Análisis Geoespacial del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) ofrece en su portal web el acceso a mapas de alerta tempranas de incendios forestales para los años 2018 y 2019, de densidad de puntos de calor para los años 2015-2018 y tablas resumen de puntos de calor para los años 2018 y 2019 en áreas protegidas.
Honduras	Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF)	Anuario estadístico forestal de Honduras, 2016 (Instituto Nacional de Estadísticas, 2017)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios forestales.	Los datos tomados de los anuarios de estadística nacional solo disponen información sobre superficies afectadas por incendios forestales en el país entre los años 2013-2017.
Nicaragua	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Diagnóstico del sector forestal en Nicaragua (BID, 2018)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios forestales.	Los datos reportados en el capítulo de los años 2007-2016 fueron obtenidos de un informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2018). No se encontró información proveniente de portales web oficiales.
México	Comisión Nacional Forestal de México (CONAFOR)	1. Reporte anual de incendios y terminología 2017 (CONAFOR, 2017) 2. Cierre de temporada 2019 (CONAFOR, 2020)	Información recolectada en campo a partir de los informes de los incendios forestales atendidos.	Los datos consultados corresponden al periodo comprendido entre 2001 y 2019.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 12.1 (Cont.). Fuentes de consulta de las estadísticas de incendios por países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

País	Organismo o institución responsable de los reportes o registros de incendios forestales	Fuentes de información	Sistema de detección	Observaciones
Panamá	Instituto Nacional de Estadística y Censo	Panamá en cifras 2000-2004 (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2004) Panamá en cifras 2004-2008 (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2008) Panamá en cifras 2009-2013 (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2013) Panamá en cifras 2013-2017 (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2004, 2008, 2013, 2017)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios de forestales.	Los datos fueron recopilados en los anuarios de estadística nacional y corresponden al periodo comprendido entre los años 2001 y 2017.
Paraguay	Sin información			No existe información publicada disponible.
Perú	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)	Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales (SERFOR, 2018)	No se especifican los métodos de recolección de la información sobre superficie afectada por incendios forestales.	Los datos consultados corresponden al periodo 2012-2017. El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) tiene a disposición del Servicio Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (SNIFFS) un módulo de monitoreo que permite visualizar los focos de calor de las últimas 24 horas. También cuenta con la opción de Registros de incidencias de Incendios forestales. Sin embargo, este último no se encontraba habilitado en el momento de la elaboración de este capítulo.
Portugal	Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas	Portal Estatística anual do número de ocorrências (ICNF, 2019)	No se especifican los métodos de recolección de datos sobre superficie afectada por incendios forestales.	Los datos consultados corresponden al periodo comprendido entre los años 2001 y 2019.
República Dominicana	Oficina Nacional de Estadística	Medio ambiente. Ocurrencia de incendios forestales, según año, 1972-2019 (ONE, 2019)	La División de Manejo de Fuegos del Viceministerio de Recursos Forestales del Ministerio de Medio Ambiente mantiene datos estadísticos, informes e indicadores como las coordenadas, área afectada y especie afectada. Tres métodos de detección (terrestre fija, móvil y por *software* de puntos de calor).	Los datos utilizados para el presente capítulo corresponden a las superficies afectadas por el fuego durante el periodo comprendido entre los años 2001 y 2019.
Uruguay	Sin información			No existe información publicada disponible.
República Bolivariana de Venezuela	Instituto Nacional de Estadísticas. Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas	1. Reporte ambiental 2014 (MINEA, 2014) 2. Estadísticas Forestales: Compendio 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, serie 13 (INE, 2014)	Información recolectada en campo a partir de los informes de los incendios forestales atendidos.	Los datos consultados corresponden al periodo comprendido entre los años 2001 y 2014.

Tabla 12.2. Medidas de adaptación para el manejo del fuego en los países RIOCC (ver el texto para ampliar información sobre ejemplos). Fuente: elaboración propia.

Ámbito de acción	Tipo de medidas	Medidas de adaptación
Cooperación internacional	Desarrollo de políticas públicas	Programas de intercambio técnico y de experiencias para fortalecer el desarrollo de políticas públicas de gestión y manejo del fuego, prevención y control de incendios
	Intercambio de conocimientos	Intercambio de información, comunicación e interpretación de datos sobre incendios forestales, así como el diseño de iniciativas en la gestión oportuna de incendios a escala regional y global ante escenarios de cambio climático
	Intercambio y desarrollo de capacidades técnicas	Desarrollo de plataformas tecnológicas satelitales compartidas para el monitoreo de incendios forestales; capitación técnica y desarrollo de destrezas en prevención, control del fuego y quemas prescritas a escala regional
Política nacional	Institucionalidad	Implantación de plataformas e interfaces de intercambio de conocimiento y perspectivas para el diseño e implementación de respuestas adaptativas
		Desarrollo de mecanismos que propicien la acción transversal y la articulación de esfuerzos entre instituciones y organismos involucrados en la gestión del territorio y la implementación de políticas de manejo del fuego
		Dotar a las instituciones de recursos necesarios para las actividades de prevención y combate de incendios forestales
		Formación y actualización del personal especializado en el área
	Información y monitoreo	Sistemas de monitoreo satelital para identificar riesgos y tomar acciones preventivas ante la ocurrencia de incendios forestales en condiciones climáticas adversas
		Bases de datos y sistemas de información sobre incendios en el territorio actualizados en tiempo real
		Observatorios permanentes sobre la dinámica de cambios en los patrones de uso de los territorios rurales y de las interfaces urbano-rurales en relación con los regímenes de fuego
	Instrumentos legales	Actualización de los marcos regulatorios nacionales para permitir la implantación de planes y programas de manejo integral del fuego adecuados a contextos socioambientales específicos
		Aprobación de planes y estrategias nacionales de cambio climático que contemplen la gestión o manejo integral de los diferentes regímenes de fuego en sus territorios
		Promover la participación de las comunidades locales e indígenas en los procesos de diseño y planificación de acciones
		Diseñar instrumentos y mecanismos legales (leyes, ordenanzas, certificaciones, entre otros) que obliguen a las empresas forestales a la implementación y actualización periódica de planes de manejo de plantaciones que aseguren un buen manejo de combustibles
Acción local	Ordenación del territorio rural y de la interfaz urbano-rural	Programas de monitoreo de usos del suelo
		Planes de manejo de terrenos baldíos y zonas abandonadas
		Reforestaciones y restauración de ecosistemas con especies autóctonas
		Diversificación productiva
		Manejo de combustibles
	Participación comunitaria	Incorporación de comunidades locales, poblaciones indígenas y pequeños propietarios a la planificación y toma de decisiones
		Brigadas comunitarias interculturales
		Programas de información y sensibilización de la comunidad
	Infraestructura rural para prevención de incendios	Centros de abastecimiento de agua para labores de combate
		Sistemas de alerta temprana en caso de condiciones peligrosas
		Refugios
		Rutas de escape

Tabla 12.3. Síntesis de las iniciativas de cooperación supranacional para el manejo del fuego en los países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

Instrumento	Entrada en vigor	Ente responsable	Países participantes	Objetivos	Principales actividades
Programa de Cooperación Multilateral Amazonia Sin Fuego (OSBOdigital, 2019)	1999	Cooperación italiana en colaboración con la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Brasil, Bolivia, Ecuador	El programa integra acciones de emergencia y desarrollo a través de actividades de capacitación, divulgación y negociación en las comunidades rurales. Esta iniciativa se orienta a reforzar los componentes locales de prevención y respuesta de incendios forestales, promoviendo la difusión de prácticas agrícolas alternativas al uso del fuego para reducir la incidencia de incendios en la región amazónica, contribuyendo a la protección ambiental y la mejora de las condiciones de vida de las comunidades (UTL La Paz, 2013).	El Programa Amazonia Sin Fuego (PASF) comenzó como un programa bilateral Brasil-Italia (1999-2008), centrado en los estados de Mato Grosso, Acre y Pará de Brasil. Posteriormente el programa fue acogido por los Gobiernos de Bolivia y Ecuador con el propósito de implementar el programa en estos países. A través de acuerdos trilaterales Brasil-Italia a favor de Bolivia y Brasil-Italia a favor de Ecuador, PASF se desarrolló con éxito en Bolivia hasta 2017, año desde el cual se consolidó como política pública en ese país. En Ecuador, el proyecto aún está en marcha.
Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS, 2019)	2000	Comisión Europea	España y Portugal (países miembros de la Unión Europea)	La red EFFIS está compuesta por expertos en incendios forestales de países y organizaciones internacionales. Su función principal es proporcionar asesoramiento para la implementación y desarrollo del EFFIS y recomendaciones para mejorar la prevención de incendios de Europa y el Mediterráneo.	Alertas tempranas de riesgo de incendios, evaluaciones de daños, seguimiento y coordinación de las estadísticas de incendios a nivel europeo y fomento de la investigación, entre otros.
Red Latinoamericana de Teledetección e Incendios Forestales (RedLaTIF, 2019)	2003	El mandato del representante del país coordinador es de tres años. Al finalizar el periodo el cargo será alternado preferentemente por representantes de distintos países miembros	Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, España, México, Perú (incluye a Estados Unidos)	El objetivo de la RedLaTIF es conseguir entre la comunidad latinoamericana una mejor y mayor coordinación de proyectos relacionados con la observación y gestión de incendios forestales haciendo uso de la teledetección y de todas aquellas tecnologías geoespaciales aplicables.	La RedLaTIF está estrechamente relacionada con el programa Global Observations of Forest and Land Cover Dynamics (GOFC/GOLD), el cual desde el año 1997 constituye un espacio de intercambio de información, observaciones y datos, así como un marco para establecer los sistemas de monitoreo necesarios a largo plazo (GOFC/GOLD-Fire, 2012) y adicionalmente formar parte del panel de expertos del programa Sistema Mundial de Observación Terrestre (GTOS, del inglés Global Terrestrial Observing System; GOFC-GOLD, 2012).
Grupo de Trabajo sobre Incendios Forestales (GT-4) (UNISDR, 2005), y Red Mundial de Incendios Forestales (Global Wildland Fire Network, GWFN) (GWFN, 2019a)	2004	Global Fire Monitoring Center (GFMC) en Alemania, en cumplimiento de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas	Países de América Latina y el Caribe (GWFN, 2019b; GWFN, 2019c; GWFN, 2019d)	El GT-4 funciona como cuerpo asesor y plataforma temática del sistema de las Naciones Unidas, brindándole apoyo técnico-científico para la toma de decisiones. La red GWFN reúne 14 redes regionales independientes de manejo de información sobre incendios forestales en el mundo con el fin de reducir los impactos socioambientales negativos de los incendios forestales.	El GT-4 propició una red de puntos focales regionales y nacionales para mejorar las capacidades existentes y facilitar el funcionamiento de un programa o red global de manejo integral de los incendios, incluyendo alerta temprana, monitoreo, vigilancia y evaluación de impacto, así como la producción de documentos, organización de eventos y difusión de resultados. La red GWFN contribuye a la creación de mecanismos coordinados de información e intercambio de conocimientos, técnicas y experiencias.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 12.3 (Cont.). Síntesis de las iniciativas de cooperación supranacional para el manejo del fuego en los países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

Instrumento	Entrada en vigor	Ente responsable	Países participantes	Objetivos	Principales actividades
Estrategia de cooperación internacional para el manejo del fuego (proyecto TCP/ RLA/3010) (FAO, 2005)	2005	FAO	Países de América Latina y el Caribe	Fortalecer la capacidad de los países de la región de América Latina y el Caribe para la prevención, control y lucha contra incendios forestales a través de la elaboración de la Estrategia Regional de Cooperación.	Como resultado de esta iniciativa se concretó la oficialización de la estrategia en la Comisión Forestal de América Latina y el Caribe (COFLAC), así como el establecimiento de las redes subregionales de asistencia mutua. Se han desarrollado las respectivas Estrategias de Centroamérica, de Sudamérica y del Caribe, ofreciendo directrices y recomendaciones a las naciones miembro para impulsar estos temas.
Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental, EMSA (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2007)	2007	Consejo de Ministros, conformado por los titulares de las instancias de gobierno a cuyo cargo se encuentre la materia ambiental en cada país miembro	México, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Colombia (también incluye a Belice)	Apoyo al desarrollo de capacidades técnicas, el intercambio de recursos y el desarrollo de las políticas públicas en manejo del fuego de la región (Gerencia de Manejo del Fuego-CONAFOR).	La EMSA ha constituido un espacio de cooperación en el marco del cual se han realizado reuniones como las siguientes: 1. Taller de expertos para la prevención de Incendios Forestales en el marco de la EMSA (Bogotá, Colombia, 2014) con el fin de diagnosticar la situación de cada país miembro en materia de prevención de incendios forestales para generar un programa de cooperación regional. 2. Taller de Política Pública de Incendios Forestales en el marco de la EMSA (Guadalajara, México, 2015), cuyas principales conclusiones fueron establecer la Agenda Mesoamericana de Manejo de Incendios Forestales 2015-2018. En este taller se institucionaliza el Grupo Mesoamericano de Manejo de Incendios Forestales, conformado por las instituciones que las autoridades ambientales ratifiquen.
Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques en los países en desarrollo (UN-REDD, 2019)	2008	Naciones Unidas	México, Panamá, Cuba, Colombia y Paraguay, entre otros	Ayudar a los países en desarrollo a preparar e implementar estrategias nacionales de REDD+, que contemplen el otorgamiento de incentivos para evitar la degradación de bosques, a través de la prevención y manejo del fuego, entre otros aspectos.	Se han adelantado evaluaciones, estudios y propuestas para contribuir a evitar la deforestación y el impacto del fuego en bosques secos y húmedos en algunos países de la región iberoamericana.
Segunda Estrategia Centroamericana de Manejo del Fuego (CCAD, 2017)	2015-2025	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)	Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana (también incluye a Belice)	Establecer los lineamientos del manejo responsable del fuego que permitan una amplia participación e integración de los esfuerzos de todos los sectores y actores de los países involucrados, con la finalidad de garantizar la protección y conservación de la biodiversidad y manejar los regímenes de fuego en los ecosistemas, para contribuir a reducir los efectos del cambio climático, que cumplan con sus funciones ecológicas, económicas y sociales.	Esta estrategia plantea estandarizar criterios técnicos en materia de manejo del fuego, avanzar hacia un modelo de coordinación interinstitucional en cada país promoviendo el crecimiento de los programas nacionales de manejo del fuego, así como las acciones bilaterales y multilaterales entre los países, con el apoyo de otros actores claves, como instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, empresa privada, organismos internacionales y sociedad civil.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 12.3 (Cont.). Síntesis de las iniciativas de cooperación supranacional para el manejo del fuego en los países RIOCC. Fuente: elaboración propia.

Instrumento	Entrada en vigor	Ente responsable	Países participantes	Objetivos	Principales actividades
Proyecto Regional para el Fortalecimiento de las Capacidades para el manejo integral del fuego	2017	Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA)	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (también incluye a Guyana y Surinam)	Implementación de un programa de asesoría y capacitación que permite fortalecer el conocimiento y las capacidades para la prevención y control de incendios forestales.	La nota conceptual del proyecto ha sido discutida entre los ocho países de la cuenca amazónica y aprobada técnicamente. La propuesta apunta a apoyar las estrategias propuestas por los países miembros de la OTCA para disminuir la ocurrencia de incendios forestales y sus impactos. En el año 2019, en el marco de la 7.ª Conferencia Internacional de Incendios Forestales, se celebró una reunión entre el director ejecutivo de la OTCA, el asesor en temas forestales de esta organización, el Coordinado de la GFMC y la coordinadora de interagencia de PREVFOGO y la Red Regional de Incendios Forestales de Sudamérica. Entre los acuerdos logrados para el 2020 figura la búsqueda de financiamiento en conjunto para continuar con el proyecto, siendo la Secretaría de Ejecutiva de la OTCA la encargada de coordinar las acciones en esta materia.
Proyecto Fondo Regional para la Cooperación Triangular en América Latina y el Caribe	2019	Comité de Coordinación Conjunta: Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE); Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana del Ecuador; Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) Brasil y Ecuador; Agencia Brasileña de Cooperación (ABC); Centro Nacional de Prevención y Combate a Incendios Forestales de Brasil (PREVFOGO); Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica (SINAC)	Brasil, Costa Rica, Ecuador (incluye Alemania)	Fortalecer en el MAE las capacidades relacionadas con el manejo integral del fuego aplicadas a la protección y conservación de ecosistemas naturales, especialmente de aquellos que son frágiles y que presentan mayor riesgo a los incendios forestales.	El proyecto surge en conjunto como una estrategia para fortalecer las actividades que realiza el Programa Amazonia sin Fuego en Ecuador (PASF), ejecutado actualmente por el MAE en alianza con la Agencia Italiana de Cooperación al Desarrollo (AICS), la Agencia Brasileña de Cooperación (ABC) y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). El PASF se desarrolla en las regiones Sierra y Costa del Ecuador, trabajando desde el 2017 en cuatro provincias del país. La coyuntura existente entre los países socios y sus centros especializados (IBAMA/ PREVFOGO de Brasil y SINAC de Costa Rica) en actividades técnicas en marcha con el MAE, como proyectos de cooperación trilaterales anteriores, facilitó la aproximación requerida, concretándose en un taller técnico para la elaboración de la propuesta de proyecto de cooperación trilateral en materia de manejo integral del fuego para el Ecuador.

13

Asentamientos urbanos y rurales

Gian Carlo Delgado Ramos (México), Fernando Aragón-Durand (México), José Di Bella (México/Canadá), Carol Franco (República Dominicana), Cristián Henríquez Ruiz (Chile) y Gladys Cecilia Hernández Pedraza (Cuba).

Se recomienda citar este texto como:

Delgado Ramos, G.C., F. Aragón-Durand, J. Di Bella, C. Franco, C. Henríquez Ruiz y G.C. Hernández Pedraza, 2020: Asentamientos urbanos y rurales. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 525-570, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo ... **527**

13.1. Introducción ... **527**
13.1.1. Aspectos clave y alcance del capítulo ... 527
13.1.2. Marco conceptual: vulnerabilidad e interacciones urbano-rurales ... 528
13.1.3. Asentamientos humanos y su relación con el cambio climático ... 528

13.2. Componentes del riesgo en relación con los asentamientos humanos ... **530**
13.2.1. Amenazas ... 530
13.2.2. Exposición y vulnerabilidad ... 533

13.3. Caracterización de riesgos e impactos derivados del cambio climático ... **535**

13.4. Medidas de adaptación ... **535**
13.4.1. Opciones de adaptación ... 535
13.4.2. Actividades de adaptación planificada ... 537
13.4.2.1. Escala supranacional y nacional ... 537
13.4.2.2. Escala subnacional y local ... 543
13.4.3. Actividades de adaptación autónoma ... 546

13.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... **547**

13.6. Indicadores sobre la efectividad de la adaptación en asentamientos humanos ... **549**

13.7. Casos de estudio ... **549**
13.7.1.1. Estrategias desarrolladas en el marco del programa 100 Ciudades Resilientes ... 552
13.7.1.1. Resumen del caso ... 552
13.7.1.2. Introducción a la problemática del caso ... 553
13.7.1.3. Descripción del caso ... 553
13.7.1.4. Limitaciones e interacciones ... 553
13.7.1.5. Lecciones identificadas ... 553
13.7.2. Plan de contingencia barrial de respuesta temprana ante inundaciones en Las Terrenas (República Dominicana) ... 554
13.7.2.1. Resumen del caso ... 554
13.7.2.2. Introducción a la problemática del caso ... 554
13.7.2.3. Descripción del caso ... 554
13.7.2.4. Limitaciones e interacciones ... 554
13.7.2.5. Lecciones identificadas ... 554
13.7.3. Gestión de riesgo de inundaciones en Blumenau, Santa Catarina (Brasil) ... 554
13.7.3.1. Resumen del caso ... 554
13.7.3.2. Introducción de la problemática del caso ... 555
13.7.3.3. Descripción del caso ... 555
13.7.3.4. Limitaciones e interacciones ... 555
13.7.3.5. Lecciones identificadas ... 556
13.7.4. Acciones para reducir la vulnerabilidad y la inseguridad hídrica de los más pobres en Ciudad de México (CDMX): la captación de agua de lluvia en viviendas ... 556
13.7.4.1. Resumen del caso ... 556
13.7.4.2. Introducción a la problemática del caso ... 556
13.7.4.3. Descripción del caso ... 556
13.7.4.4. Limitaciones e interacciones ... 557
13.7.4.5. Lecciones identificadas ... 557
13.7.5. Manizales (Colombia), de la adaptación autónoma a la planificada ... 559
13.7.5.1. Resumen del caso ... 559
13.7.5.2. Introducción a la problemática del caso ... 559
13.7.5.3. Descripción del caso ... 559
13.7.5.4. Limitaciones e interacciones ... 559
13.7.5.5. Lecciones identificadas ... 560

13.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias ... **560**

13.9. Conclusiones ... **561**

Preguntas frecuentes ... **562**

Agradecimientos ... **563**

Bibliografía ... **563**

Resumen ejecutivo

El carácter multidimensional y multitemporal de los impactos del cambio climático constituye un enorme desafío para la construcción local de soluciones y capacidades para la adaptación integral, incluyente y con visión de largo plazo.

El grado de afectación de los impactos del cambio climático varía entre asentamientos rurales y urbanos, y entre ciudades con diferentes patrones de urbanización. Más aún, la vulnerabilidad y los potenciales riesgos asociados al cambio climático no solo obedecen a la tipología e intensidad de las amenazas e impactos potenciales, sino también a las características sociales, económicas, políticas y culturales de cada caso. De ahí que no exista una solución única, sino retos comunes.

El agravamiento esperado de los impactos del cambio climático supone avanzar hacia una transición sistémica basada en actuaciones cada vez más rápidas y efectivas, que aprovechan al máximo las sinergias positivas y los cobeneficios existentes. Tal transición dependerá del conocimiento disponible, de la interacción de la ciencia con el proceso de toma de decisiones, y de la práctica concreta de los actores sociales, institucionales y privados.

Si bien la adaptación planificada a escala local ha avanzado, aún hay diversos temas pendientes y retos. Esto incluye la falta de un conocimiento robusto acerca de las experiencias de adaptación no planificadas en la región RIOCC y, por tanto, sobre las mejores rutas para su interacción y coordinación con las medidas de adaptación planificada.

Muchos gobiernos locales todavía no implementan medidas de adaptación, restringiéndose en el mejor de los casos a posturas reactivas ante eventuales desastres. En otros casos, las medidas son aún insuficientes de cara a la dimensión de los impactos esperados, además de que, en muchas ocasiones, no hay un adecuado seguimiento.

La informalidad y desigualdad imperante, la falta de capacidades locales y la débil coordinación entre actores, tanto gubernamentales como no gubernamentales, son aspectos que suelen restringir el avance de la agenda climática, particularmente la de adaptación. A lo dicho se suma una insuficiencia en la producción de datos y modelos robustos y consistentes a escala local, sobre todo para el caso de pequeños asentamientos, a la vez que se verifica un limitado acceso a financiación, crédito e inversión para acciones de adaptación de mediano y largo plazo.

Con la finalidad de asegurar rutas más exitosas de transición sistémica, no solo es deseable revertir las limitaciones antes mencionadas, sino igualmente balancear y planificar las sinergias, cobeneficios y potenciales contrapartidas entre mitigación y adaptación. Igualmente debe hacerse con otras acciones que emanan de la agenda de desarrollo, en general, y de las agendas internacionales paralelas a la climática, en particular (dígase la de resiliencia, desarrollo sostenible u otras).

Las buenas prácticas pueden ayudar a propagar la acción climática, sobre todo donde está más rezagada. El aprendizaje mutuo es sin duda deseable, siempre y cuando las acciones que de ahí deriven respondan y sean apropiadas a las diversas especificidades y prioridades locales.

Para dar paso a una gobernanza climática más robusta, es necesario fomentar la participación, las alianzas, la cooperación e incluso la coproducción de soluciones. La efectividad de la adaptación local habrá de medirse en términos de la mejora concreta de las poblaciones más vulnerables, por lo que la acción tendrá que ir más allá de ajustes en la gestión de la respuesta a los impactos del clima para, en cambio, promover cambios estructurales o sistémicos profundos que modifiquen las condiciones que crearon la vulnerabilidad en una primera instancia.

13.1. Introducción

13.1.1. Aspectos clave y alcance del capítulo

Muchos problemas sociales y ambientales asociados a la urbanización siguen sin resolverse y, seguramente, se exacerbarán conforme los impactos del cambio climático lo hagan, y en la medida en que continúe el rápido y poco planeado crecimiento urbano (PNUMA, 2019).

La alta vulnerabilidad de la economía rural ante la degradación ambiental y los impactos del cambio climático hacen de la acción en los asentamientos rurales una cuestión igualmente relevante, más aún cuando se busca fortalecer la agenda de justicia social. Lo dicho es de particular importancia en aquellos países donde la población rural tiene peso, sea en términos absolutos (número total de habitantes, como sucede en México) o relativos (porcentaje con respecto a la población total, como en Guatemala). También lo es para aquellos casos que concentran el grueso de pueblos indígenas y, consecuentemente, del patrimonio histórico-cultural y de conocimiento tradicional, como ocurre en Ecuador, Perú o Bolivia.

Debe reconocerse, sin embargo, que el grado de afectación de los impactos del cambio climático, el potencial y las capacidades para la acción varían entre asentamientos rurales y urbanos, y entre ciudades con diferentes dinámicas y patrones de urbanización. Mientras las grandes ciudades son clave por la concentración de población, riqueza e infraestructura, y consecuentemente por el tamaño de las economías de escala y el potencial de capacidades transformadoras que ahí reside [Revi *et ál.,* 2014a; Revi *et ál.,* 2014-B; Seto *et ál.,* 2014; Delgado (coord.), 2017], las ciudades pequeñas e intermedias serán cada vez más importantes debido al acelerado crecimiento que ya experimentan (McKinsey Global Institute, 2011) y porque cuentan con capacidades comparativamente más limitadas que las grandes ciudades y megaciudades (Birkmann *et ál.,* 2016; UNU-EHS, 2014).

Lo que se logre avanzar a escala local definirá, pues, la gobernanza del cambio climático para una transición sistémica de mucho mayor alcance que, como advierte el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, sea capaz de mantener la subida de la temperatura promedio por debajo de 1,5°C (IPCC, 2018). A pesar de tal reconocimiento, las contribuciones a dicha escala siguen siendo limitadas (IPCC, 2014a; Revi *et ál.,* 2014b). El potencial que reside, por ejemplo, en las ciudades no ha sido del todo explotado, aun cuando el 60 % de los firmantes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) ya han incorporado alguna consideración en sus planes nacionales de adaptación y mitigación (ICLEI, 2017).

Con el fin de explorar cómo revertir tal situación, el presente capítulo revisa lo que sabemos acerca de los componentes del riesgo asociados al cambio climático a escala local para desde ahí caracterizar y evaluar el estado de situación de los países RIOCC. Para esto último, se exploran las opciones de adaptación a escala urbana y rural y se ofrece un análisis panorámico de las acciones de adaptación propuestas o implementadas desde el cual se puedan esclarecer y priorizar las principales rutas de acción.

13.1.2. Marco conceptual: vulnerabilidad e interacciones urbano-rurales

Los asentamientos urbanos y rurales, pese a sus diferencias, pueden ser analizados de manera integrada. Ambos se coproducen mediante interacciones biofísicas, económicas, políticas y socioculturales (Tacoli, 2003 y 2006) que toman lugar en ecosistemas o biorregiones concretas donde, además, se comparten riesgos biofísicos. Dichas interacciones, que se cristalizan en flujos de energía, materiales, población e información, a su vez crean interdeterminaciones, sinergias positivas y negativas, así como contrapartidas que no pueden abstraerse de un análisis integral o sistémico (Delgado y Guibrunet, 2017). Por ejemplo, el deshielo de los glaciares andinos, el cambio del caudal de los ríos o la disminución de la disponibilidad de agua en diversas zonas de Iberoamérica ponen en entredicho la seguridad hídrica urbana de la región, particularmente de los más pobres, que de por sí suelen carecer de acceso regular al vital líquido (ver **Capítulo 6** de este mismo informe).

La adaptación en asentamientos rurales supone, por su parte, un proceso relativamente distinto, ya que la densidad poblacional y la complejidad social suelen ser menores. Además, la calidad, cobertura e intensidad de la infraestructura se asocian principalmente a actividades productivas primarias, altamente dependientes de la variabilidad climática que, a su vez, puede impactar en la seguridad alimentaria tanto de asentamientos rurales como urbanos. Esto último es particularmente sentido en Perú, donde el 70,6 % de los productores de alimentos se encuentran en la sierra y son pequeños propietarios (Ministerio del Ambiente, 2016).

La vulnerabilidad de los asentamientos urbanos y rurales es diferenciada y no solo depende de los impactos potenciales de las diversas amenazas naturales y antrópicas, sino también de las sensibilidades y capacidades de respuesta de los sistemas. Estas capacidades están determinadas y condicionadas por factores socioeconómicos y culturales y por la calidad de gobernanza del riesgo climático imperante. En ese sentido, se puede hablar de la construcción social de la vulnerabilidad.

El acceso a la vivienda y los servicios públicos, a la seguridad social, a la tenencia de la tierra, a los múltiples recursos, desde energía de calidad, agua, materiales diversos y alimentos sanos, incluso a información, tecnologías y financiación se expresa de manera diferencial para cada asentamiento y grupo social. Estos factores figuran como elementos agravantes del riesgo climático (Pelling, 2003; Baker, 2012; Delgado, 2015; Eakin *et ál.,* 2016; Andersen, Verner y Wiebelt, 2017; entre otros). El reconocimiento de tales factores de agravamiento y sus interacciones es primordial para la construcción de una gobernanza climática robusta que permita articular medidas de adaptación y mitigación cada vez más efectivas de cara a impactos cuyo costo es creciente y que, en Latinoamérica, bien podría ser de entre 1,5 % y 5 % del PIB en el 2050 (CEPAL, 2015) o de unos 100.000 millones de dólares anuales bajo un escenario de calentamiento de 2 °C (Vergara *et ál.,* 2013).

La **Figura 13.1** describe cómo la adaptación urbana, de ser bien diseñada, puede incidir positivamente en la reducción de la vulnerabilidad y la gestión del riesgo, lo cual es clave para la región RIOCC, cuya población es mayormente urbana.

13.1.3. Asentamientos humanos y su relación con el cambio climático

Los estresantes climáticos, incluyendo El Niño y La Niña (ENOS), que impactan marcadamente en Latinoamérica, agudizan las vulnerabilidades de los asentamientos humanos ante efectos como el aumento del nivel del mar, el incremento en la intensidad y frecuencia de eventos extremos, o las marejadas repentinas y la salinización de acuíferos para el caso de asentamientos costeros. También lo hacen por precipitaciones extremas, estrés térmico, inundaciones, movimientos de masa, sequías, desertificación, escasez de agua o pérdida de la calidad del aire (Romero-Lankao *et ál.,* 2012; Revi *et ál.,* 2014-B; Díaz *et ál.,* 2015; Reguero *et ál.,* 2015; Lins De Barros *et ál.,* 2016).

Tales efectos, por lo general, se resienten más en el espacio urbanizado debido a la alta concentración poblacional (81 % en la región RIOCC; UN DESA, 2018), de medios de producción, infraestructura y riqueza (las 20 ciudades más grandes de la RIOCC concentran alrededor de una tercera parte del PIB total). Esta situación se refrendará aún más a mediados del siglo XXI con el esperado incremento de la población urbana, la pérdida importante de población rural y el consecuente avance en la conformación de asentamientos urbanos de diversas dimensiones.

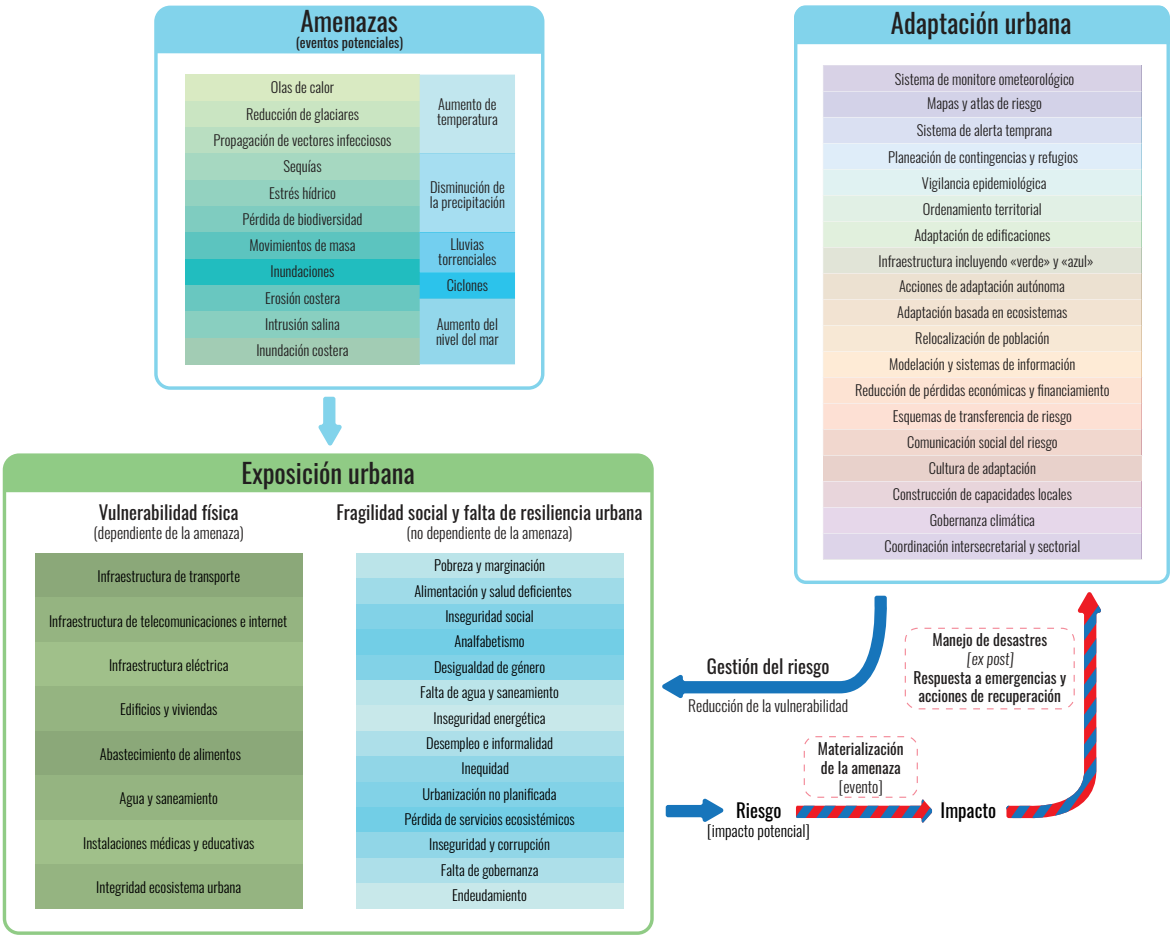


Figura 13.1. Amenazas, vulnerabilidad, factores de agravamiento y principales medidas de adaptación urbana. Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la **Figura 13.2,** Portugal, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Bolivia, Paraguay y Ecuador tenderán hacia una pérdida importante de población rural en 2050, cediendo paso a la conformación de ciudades menores de 500.000 habitantes (o ciudades intermedias), con mayor presencia en Portugal y los países RIOCC en América del Sur.

Así, mientras las ciudades intermedias serán puntos de atención para la adaptación urbana en tales países, en México, Argentina, Brasil, Colombia, Chile y Perú los retos de la adaptación urbana, además, se afrontarán en las ciudades grandes y megaciudades (ver **Tabla 13.1**).

El inevitable énfasis en lo urbano no significa que la adaptación en asentamientos rurales sea menos importante; por el contrario, se trata de espacios que seguirán jugando un papel relevante, al menos por dos motivos. Por un lado, y específicamente en el caso de los países RIOCC menos urbanizados, como Guatemala y Nicaragua, porque la población rural seguirá representando una porción importante de la población total en 2050, de entre una tercera y dos quintas partes. Por otro lado, porque los asentamientos rurales se encuentran emplazados y tienen incidencia directa en espacios ecosistémicos valiosos y vulnerables que son claves en la preservación de la diversidad biológica y cultural, y también de otros servicios ecosistémicos, la producción de alimentos y la extracción de recursos que, dígase de paso, abastecen en buena medida a las ciudades y al mercado internacional.

Por tanto, las medidas de adaptación ante los impactos del cambio climático ineludiblemente tendrán que enmarcarse en la compleja, permanente y cambiante relación de lo global con lo local, así como de lo urbano con lo rural, y viceversa, contexto en el que las zonas de transición o de interacción periurbanas serán cada vez más importes (Zhu *et ál.,* 2017; Dasgupta *et ál.,* 2014; Eakin, Lerner y Murtinho, 2010). Esto último es ya reconocido por Bolivia, país que desde su política Agua para Todos ha planteado acciones adaptativas relacionadas con el recurso hídrico en las zonas periurba-

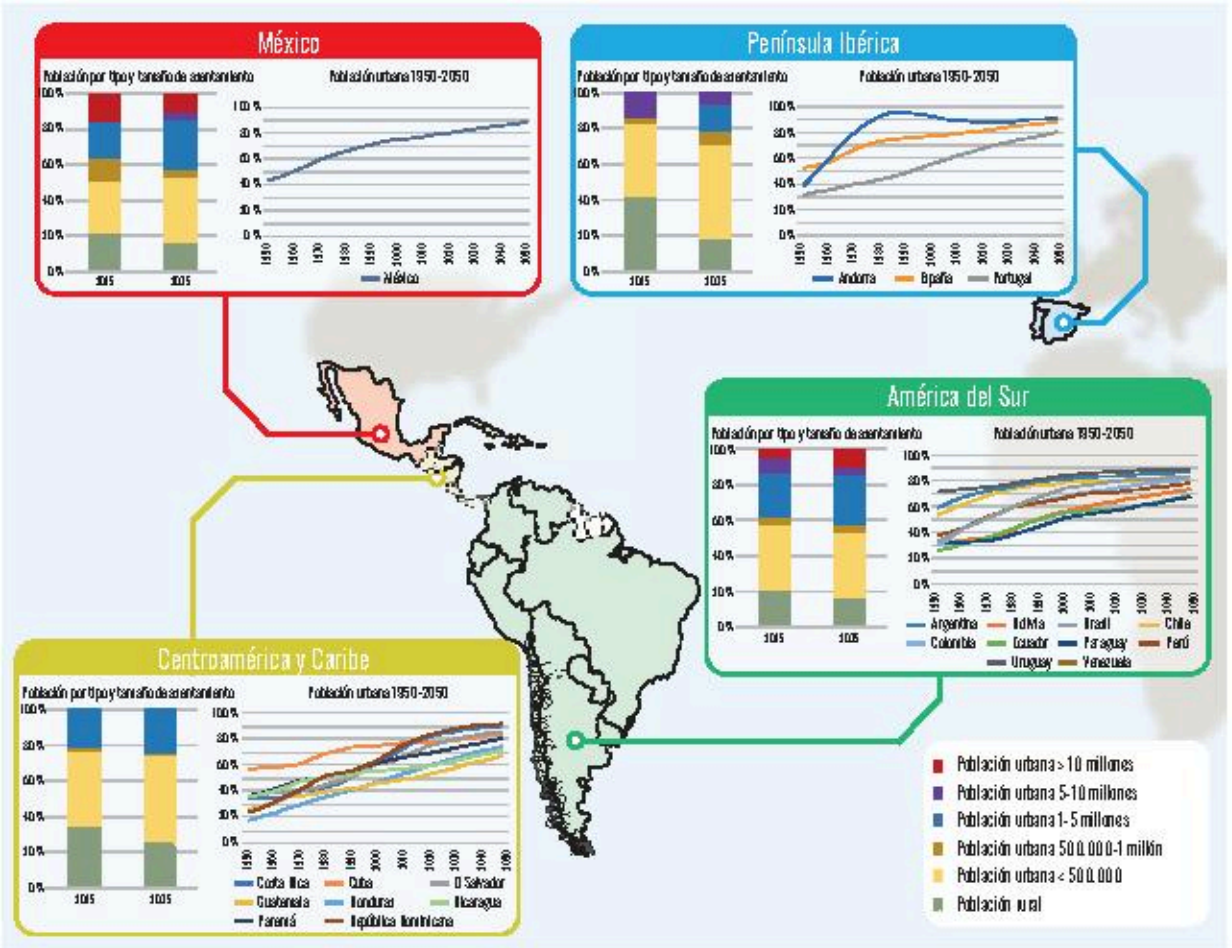


Figura 13.2. Población por tipo y tamaño de asentamiento (2015 y 2050) y tendencias poblacionales de 1950 al 2050. Fuente: elaboración propia con base en datos de UN DESA, 2018 a - c y 2019.

nas de La Paz y Cochabamba (MMAyA, 2009). De manera similar lo ha hecho Cuba al procurar integrar las ciudades con sus respectivas periferias desde un esquema productivo de alimentos que incluye huertos, organopónicos, patios familiares y fincas (República de Cuba, 2015). Venezuela ha hecho lo propio con su programa AgroCiudad (MINEA, 2017), mientras que la Ciudad de México lo hace desde su programa Altepetl, que integra el apoyo a la producción agrícola, agropecuaria y agroalimentaria sustentable con el rescate y preservación de la zona forestal urbana y periurbana, y el mantenimiento, resguardo, acondicionamiento y fomento del patrimonio cultural tangible (SEDEMA, 2019A).

La gobernanza climática local habrá, pues, de avanzar desde lo urbano, periurbano y lo rural, considerando las dinámicas globales y un marco temporal para la acción cada vez más reducido. Por ello, la transición sistémica tendrá que ser cada vez más efectiva, lo cual solo será posible si se aprovechan al máximo las sinergias positivas y los cobeneficios existentes (ver más adelante).

13.2. Componentes del riesgo en relación con los asentamientos humanos

13.2.1. Amenazas

En términos generales, tal y como se muestra en la **Figura 13.3**, la región RIOCC está amenazada por lluvias torrenciales e irónicamente por la disminución de las precipitaciones en el mediano y largo plazo. También lo está por el incremento de la temperatura, vendavales, el aumento del nivel del mar y el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) (Magrin y Marengo, 2014; Romero-Lankao y Smith, 2014). Los principales impactos de dichas amenazas, como se ha dicho, van desde ciclones y tormentas más intensas, erosión costera, intrusión salina, inundaciones y movimientos de masa hasta sequías, olas de calor, reducción de

Tabla 13.1. Población rural y urbana e índice de urbanización en la región RIOCC. Fuente: elaboración propia con datos de población rural de UN DESA, 2018b, y datos de población urbana por tamaño de asentamiento de UN DESA, 2018c.

País	2015							2035						
	Pobl. rural (%)	Población urbana por tipo de ciudad (%)						Pobl. rural (%)	Población urbana por tipo de ciudad (%)					
		500.000	500.000 a 1 millón	1-5 millones	5-10 millones	> 10 millones	Índice de urbanización		500.000	500.000 a 1 millón	1-5 millones	5-10 millones	> 10 millones	Índice de urbanización
Península Ibérica	22,8	53,5	2	13,4	8,3	0,00	0,77	17,9	54,8	2,5	15,5	9,3	0,00	0,82
Andorra	11,7	88,3	0	0	0	0	0,88	11,8	88,2	0	0	0	0	0,88
España	20,4	48,8	6	0	24,8	0	0,80	15,4	49	7,6	0	28	0	0,85
Portugal	36,5	23,4	0	40,1	0	0	0,63	26,4	27,2	0	46,4	0	0	0,74
México	20,7	28,8	12,7	20,8	0	17	0,79	15,2	28,3	7,1	24,8	8	16,6	0,85
Centroamérica y Caribe (*)	33,5	42,1	1,8	22,6	0	0	0,66	24,7	48,1	0,8	26,4	0	0	0,75
Costa Rica	23,1	49,9	0	27	0	0	0,77	12,8	57,2	0	30	0	0	0,87
Cuba	23,1	58,4	0	18,5	0	0	0,77	20,1	60,7	0	19,2	0	0	0,80
El Salvador	30,3	52,3	0	17,4	0	0	0,70	18,8	63,2	0	18	0	0	0,81
Guatemala	50	33,1	0	16,9	0	0	0,50	40,9	41,1	0	18	0	0	0,59
Honduras	44,8	32,8	8,6	13,8	0	0	0,55	33	38,8	0 %	28,2	0	0	0,67
Nicaragua	42,1	41	0	16,9	0	0	0,58	35,7	46,7	0	17,6	0	0	0,64
Panamá	33,3	24,5	0	42,2	0	0	0,67	25,8	26,9	0	47,3	0	0	0,74
República Dominicana	21,4	44,6	6	28	0	0	0,79	10,6	50	6,4	33	0	0	0,89
América del Sur (*)	20,2	37	4,5	24,3	9	5	0,80	16,1	36,1	4,4	28,3	4,3	10,8	0,84
Argentina	8,5	39	9,3	9,3	0	33,9	0,92	6,2	39,8	6,5	13,9	0	33,6	0,94
Bolivia	31,6	27,3	0	41,1	0	0	0,68	24,5	30	0	45,5	0	0	0,76
Brasil	14,2	41,3	4,1	21,2	2,8	16,4	0,86	10	40,9	4,1	22,8	5,3	17,1	0,90
Chile	12,6	40,8	9,9	0	36,7	0	0,87	10,5	39,1	7,8	5,4	37,2	0	0,90
Colombia	20,2	33,6	6,1	20	20,1	0	0,80	14,4	29,3	6,8	25,9	0	23,6	0,86
Ecuador	36,6	35,7	0	27,7	0	0	0,63	31,5	36	2,6	29,9	0	0	0,69
Paraguay	39,2	16,1	0	44,7	0	0	0,61	32,3	16,2	0 %	51,5	0	0	0,68
Perú	22,6	38,9	7,2	0 %	31,3	0	0,77	18,2	35,8	6,5	5,6	0	33,9	0,82
Uruguay	5	45,3	0	49,7	0	0	0,95	3,4	45,8	0 %	50,8	0	0	0,97
Venezuela	11,8	50,7	8,5	29	0	0		10,4	48,3	9,4	31,9	0	0	0,90

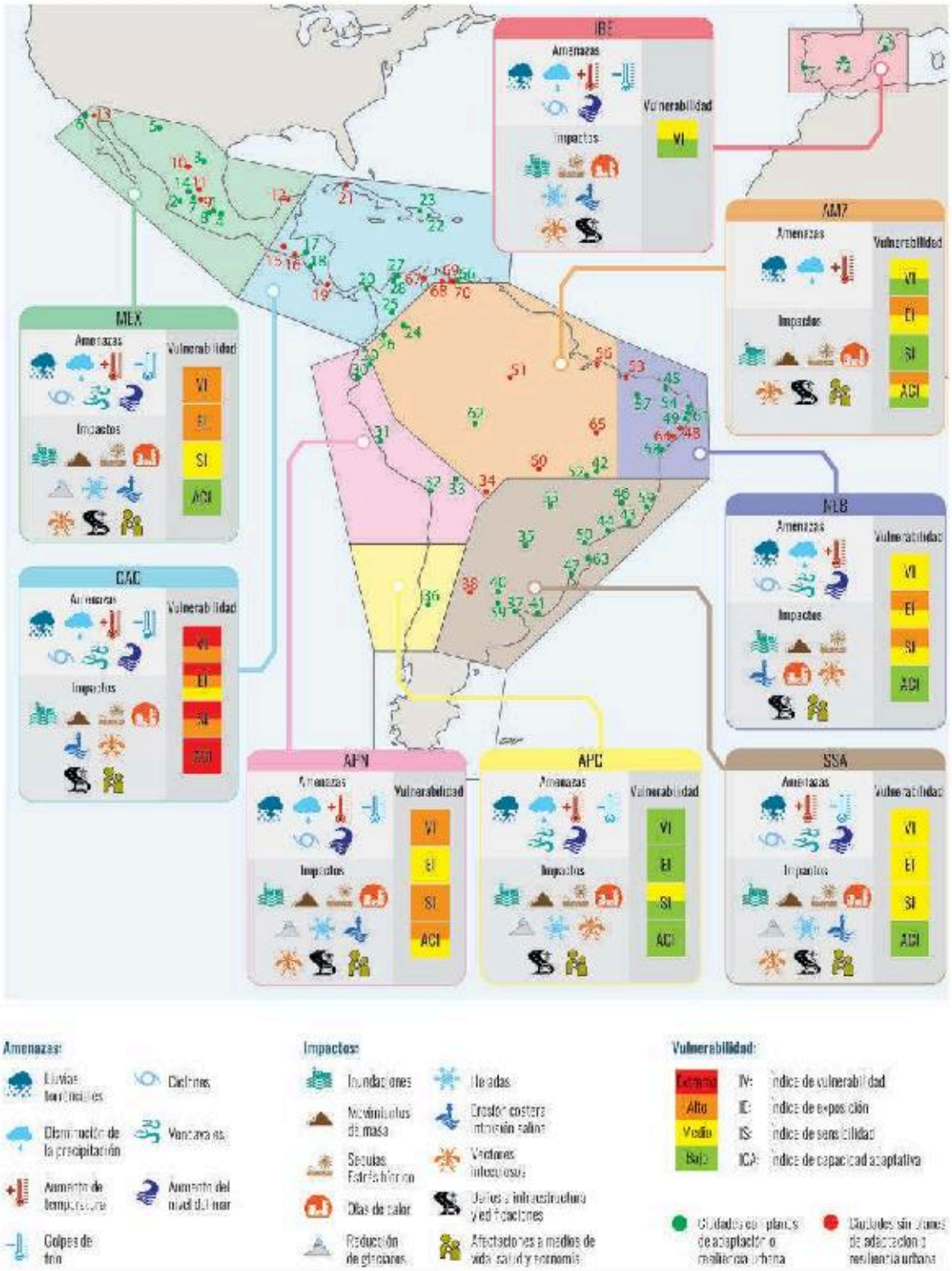


Figura 13.3. Amenazas, impactos, grado de vulnerabilidad y principales ciudades con planes de adaptación o resiliencia urbana en la RIOCC.
Fuente: elaboración propia con base en información de las Comunicaciones Nacionales de los países RIOCC ante la CMNUCC, el Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en la región de América Latina y el Caribe (CAF, 2014), e información de pertenencia a las siguientes iniciativas locales: 100 Resilient Cities (100 RC), Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI), Carbon Disclosure Project (CDP), Programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID (BID-CES), C40 Cities Climate Leadership Group (C40), Red Española de Ciudades por el Clima (RECC), la Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático (RCMCC) y el Foro de Secretarios de Medio Ambiente de las Capitales Brasileñas (CB27).

glaciares y propagación de vectores infecciosos. Derivado de ello se esperan múltiples y más intensas afectaciones a la infraestructura y edificaciones, impactos negativos a los medios de vida y a la productividad, por ejemplo, como producto de intensas olas de calor (ver **Recuadro 13.1**), y, como corolario, la potencial pérdida o deterioro de la calidad de vida.

Las características biofísicas de cada región y localidad en todo caso determinan las amenazas e intensidad de sus potenciales impactos. La **Figura 13.3** presenta de manera sucinta las principales amenazas a las que están expuestas las diversas subregiones de la RIOCC e identifica las principales ciudades, con y sin planes de adaptación o resiliencia urbanos.

Cabe precisar que, frente a las mencionadas amenazas e impactos, es fundamental que el diseño de respuestas y políticas públicas considere, además de su tipología e intensidad, la escala temporal en la que se manifiestan. Y es que, por un lado, están aquellos de rápida formación, como las inundaciones repentinas, y, por el otro, los de lenta manifestación, como la desertificación. Lo mismo se puede aplicar para las olas de calor y el efecto de isla de calor urbana, respectivamente. Ambas tipologías, por su complejidad y temporalidad, constituyen enormes desafíos en la construcción local de soluciones y capacidades para la gestión y adaptación integral, incluyente y con visión de largo plazo.

*Nota sobre la **Figura 13.3.** La afiliación a iniciativas locales por parte de las ciudades seleccionadas, de tener alguna, es como sigue: 1. CDMX, MX (C40, 100 RC, ICLEI); 2. Guadalajara, MX (100 RC, ICLEI); 3. Monterrey, MX; 4. Puebla, MX (ICLEI); 5. Ciudad Juárez, MX (100 RC); 6. Tijuana, MX (ICLEI); 7. León, MX (ICLEI); 8. Toluca, MX (ICLEI); 9. Querétaro, MX; 10. La Laguna, MX; 11. San Luis Potosí, MX; 12. Mérida, MX (ICLEI); 13. Mexicali, MX; 14. Aguascalientes, MX (ICLEI); 15. Guatemala, GT; 16. San Salvador, SV; 17. Tegucigalpa, HN (BID-CES); 18. Managua, NI (BID-CES); 19. San José, CR (ICLEI, BID-CES); 20. Panamá, PA (BID-CES); 21. La Habana, CU; 22. Santo Domingo, RD; 23. Santiago de los Caballeros, RD (100 RC, BID-CES); 24. Bogotá, CO (C40, ICLEI); 25. Medellín, CO (C40, 100RC, ICLEI); 26. Cali, CO (100 RC, ICLEI); 27. Barranquilla, CO (BID-CES); 28. Cartagena, CO (BID-CES); 29. Quito, EC (C40, 100 RC, ICLEI); 30. Guayaquil, EC; 31. Lima, PE (ICLEI); 32. Arequipa, PE; 33. La Paz, BO (ICLEI); 34. Santa Cruz de la Sierra, BO; 35. Asunción, PY (BID-CES); 36. Santiago de Chile, CL (C40, 100 RC, ICLEI, RCMCC); 37. Buenos Aires, AR (C40, 100 RC, ICLEI, CDP); 38. Córdoba, AR; 39. Rosario, AR (ICLEI); 40. Santa Fe, AR (100 RC, ICLEI); 41. Montevideo, UY (100 RC, ICLEI, BID-CES); 42. Brasilia, BR (CB27); 43. Río de Janeiro, BR (C40, 100 RC, CB27); 44. São Paulo, BR (C40, ICLEI, CB27); 45. Fortaleza, BR (ICLEI, CB27); 46. Belo Horizonte, BR (ICLEI, CB27); 47. Porto Alegre, BR (100 RC, ICLEI, CB27); 48. Maceió, BR (CB27); 49. Recife, BR (CB27); 50. Curitiba, BR (C40, ICLEI, CB27); 51. Manaos, BR (CB27); 52. Goiania, BR (ICLEI, CB27, BID-CES); 53. São Luis, BR (CB27); 54. Natal, BR (ICLEI, CB27); 55. Campo Grande, BR (CB27); 56. Belem, BR (CB27); 57. Teresina, BR (CB27); 58. Salvador, BR (C40, 100 RC, ICLEI, CB27); 59. Vitoria, BR (ICLEI, CB27, BID-CES); 60. Cuiaba, BR (CB27); 61. João Pessoa, BR (ICLEI, CB27, BID-CES); 62. Porto Velho, BR (CB27); 63. Florianópolis, BR (CB27, BID-CES); 64. Arancaju, BR (CB27); 65. Palmas, BR (CB27, BID-CES); 66. Caracas, VE (C40); 67. Maracaibo, VE; 68. Barquisimeto, VE; 69. Valencia, VE; 70. Maracay, VE; 71. Lisboa, PT (100 RC, ICLEI); 72. Madrid, ES (RECC), y 73. Barcelona, ES (100RC, ICLEI, RECC).*

13.2.2. Exposición y vulnerabilidad

A las presiones climáticas descritas en el apartado anterior, se suman una amplia gama de presiones no climáticas que son independientes de las contribuciones individuales de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El grado de vulnerabilidad de los asentamientos humanos deriva así del encuentro, por una parte, de las amenazas e impactos potenciales y, por la otra, de la sensibilidad, el grado de exposición y las capacidades adaptativas con que cuentan. Estas últimas, resultantes de las dinámicas poblacionales, los usos del suelo y las características del espacio construido.

La vulnerabilidad, por tanto, se hará más presente en los asentamientos de rápido crecimiento y poco planificados. Pero, sobre todo, en aquellos informales o que se localizan en zonas propensas a riesgos y en un contexto de carencias de infraestructura, de servicios o de medidas y acciones de adaptación apropiadas (Hardoy y Pandiella, 2009; Revi *et ál.,* 2014-B). Esas son características típicas de muchas de las ciudades de Latinoamérica; de ahí que pueda afirmarse que la economía política, las relaciones de poder y la gobernanza multinivel son cuestiones claves para el avance de la vulnerabilidad o, por el contrario, de la adaptación urbana (Romero-Lankao *et ál.,* 2018).

Por su parte, y a pesar de que el espacio construido rural puede presentar ciertas características de urbanización, este suele derivar en asentamientos con menor concentración poblacional que, a diferencia de lo urbano, dependen de la viabilidad climática-ambiental de las actividades primarias. Si bien este capítulo no analiza eso último (ver **Capítulos 7** y **8**), inevitablemente debe ser aquí considerado en tanto que puede impactar en las dinámicas socioeconómicas y ambientales del ámbito rural, por ejemplo, en cuanto al acceso suficiente a alimentos de calidad. Aunque ello es sin duda una problemática urbana —las ciudades importan casi todos sus alimentos—, en muchos casos también se experimenta en el ámbito rural debido a los altos índices de pobreza, la falta de asistencia técnica, de incentivos o apoyos, el limitado acceso a tierras productivas, la baja productividad del suelo, y por la especialización en cultivos de exportación que no siempre son parte de la dieta alimentaria básica (Rubio, 2014; Almeyra *et ál.,* 2014; Hidalgo, Houtart y Lizárraga, 2014). Este es el caso claro de los cultivos de palma africana con fuerte presencia en países como Costa Rica, Paraguay y Brasil.

A tal escenario se suman los impactos del cambio climático en la agricultura, mucha de la cual en Latinoamérica es de temporal o de secano, una característica que hace vulnerables a los productores. Por ello, puede sostenerse que el futuro de la producción de alimentos, y por consiguiente la seguridad alimentaria, urbana y rural, dependerá del éxito de las medidas que se adopten en los ambientes rurales.

Los asentamientos rurales están, además, vinculados, y en muy buena medida, a las demandas de las ciudades, pero no necesariamente de aquellas circundantes, ya que, de manera creciente, intervienen relaciones económicas globa-

Recuadro 13.1. Olas de calor y el efecto de isla de calor urbana

Centroamérica y el Caribe son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático dado su alto grado de exposición, sensibilidad y capacidades adaptativas limitadas. Entre los impactos identificados, cabe advertir el incremento de las temperaturas y las recurrentes olas de calor que se experimentan con mayor fuerza en los asentamientos urbanos. El calentamiento debido a la expansión urbana a nivel mundial podría aumentar la temperatura del aire entre 0,5-0,7 °C y algunas localidades hasta ~3° C (Huang *et ál.,* 2019). Según datos de 1980 a 2010, el área del mar Caribe presenta un incremento en el índice de calor (Hi) en torno a los 0,05 °F/año (Ramírez-Beltrán *et ál.* 2017), contexto en el que las olas de calor han sido más recurrentes, especialmente durante el periodo de 2003 a 2010 (Ramírez-Beltrán *et ál.* 2017). En el caso específico de República Dominicana, el estudio realizado sobre el clima futuro (USAID-INTEC, 2018) estimó las olas de calor para tres de las ciudades más grandes del país: Santo Domingo, Santiago y Samaná. Santo Domingo, por ejemplo, se vio afectada por 36 olas de calor entre 2005 y 2014, mientras que Santiago registró 38 olas de calor durante el mismo periodo. En el caso de las proyecciones futuras, se estima un aumento de olas de calor para Santo Domingo, Santiago y Samaná, especialmente para los periodos 2071-2085 y 2086-2100 (USAID-INTEC, 2018). La tendencia se repite en otros países RIOCC. En la CDMX las olas de calor pasaron de 6 en la década de 1950 a 16 en la década de 1990 (Jáuregui, 2009). Las proyecciones sugieren que el efecto isla de calor en esa ciudad pasará de casi 4 °C de aumento en la temperatura promedio durante el siglo XX (con picos de hasta 8 °C durante la época de secas) a uno de 6,5 °C en promedio para 2030 (Jáuregui *et ál.,* 2008). Resultante de la pérdida de cobertura vegetal, el agotamiento de los mantos freáticos, el crecimiento de la población, la expansión de la mancha urbana y la agudización de la contaminación atmosférica, el efecto isla de calor ha sido estimado en 3 °C para el caso de Bogotá, 4,6 °C para Buenos Aires, 4,8 °C para Santiago de Chile, 5 °C para Río de Janeiro y hasta 8 °C para São Paulo (Sarricolea y Meseguer-Ruiz, 2019). Tal aumento de la temperatura promedio incide negativamente en el confort térmico y la salud (Lancet, 2019), una cuestión que será cada vez más importante conforme envejezca la población de la región RIOCC y la prevalencia de diabetes o de enfermedades cardiovasculares aumente (ver **Capítulo 16** de este mismo informe). Además, incrementar el consumo de energía para enfriamiento contribuye al aumento de las emisiones de GEI. Entre los desafíos futuros y actuales de la planificación territorial en las ciudades de la RIOCC sin duda está la inclusión de consideraciones para mitigar el efecto isla de calor, por ejemplo, mediante propuestas de zonificación para usos y coberturas del suelo, áreas verdes y confort climático. Muchas soluciones a los problemas urbanos y al clima local dependen de mejores espacios públicos, mejores estándares de construcción (bioclimática) y más inclusión social (Sarricolea y Meseguer-Ruiz, 2019). En el proceso, la búsqueda de soluciones integrales que den cuenta de potenciales efectos no deseados es central, pues una mala revegetación urbana puede aumentar los problemas respiratorios asociados a la liberación de polen, mientras que los espejos de agua pueden fomentar la propagación de vectores infecciosos en climas cálidos.

lizadas. Los impulsos del mercado nacional, regional e internacional, que demandan energía, materiales y alimentos se tornan claves en la (re)estructuración del espacio rural y, en consecuencia, en las posibilidades de adaptación de estos ante el cambio climático. La expansión e intensificación de los procesos extractivos en Latinoamérica (PNUMA, 2013; West y Schandl, 2013; PNUMA, 2016; Samaniego *et ál.,* 2017), además de desplazar la producción de alimentos, en ocasiones supone un obstáculo para la adaptación y la mitigación, por un lado, al reducir o afectar los sumideros de carbono (como claramente ya lo muestran imágenes satelitales de la Amazonia de cara al avance de la urbanización, la agroindustria y la minería; Wantzen y Mol, 2013; Cremers, Kolen y de Theije, 2013; Richards y VanWey, 2015) y, por el otro, al promover actividades que en sí mismas son altamente demandantes de energía, agua y otros materiales. Tal competencia por recursos tan elementales como el agua suele traducirse en una mayor vulnerabilidad de la población, en especial la rural. Además, los procesos locales de degradación ambiental pueden contribuir al aumento de la intensidad o diversidad de riesgos y vulnerabilidades que enfrentan ambas, la población rural y la urbana.

La **Figura 13.3** advierte del grado de vulnerabilidad de las diversas subregiones de la RIOCC, basándose en las estimaciones del índice de vulnerabilidad al cambio climático para Latinoamérica elaborado por el Banco de Desarrollo de América Latina-CAF, el mismo que evalúa el grado de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (CAF, 2014). Según tal índice, el 50 % del PIB de Latinoamérica, así como la mitad de su población, reside en países de alta o extrema vulnerabilidad al cambio climático, contexto en el que destaca que los países más vulnerables son los que, comparativamente hablando, están más rezagados en cuanto a políticas de adaptación planificada; es decir, Guatemala, Paraguay y Bolivia, y también Honduras y Nicaragua.

En lo que respecta puntualmente a las ciudades capitales, el 48 % de ellas registran valores correspondientes a la categoría de riesgo extremo debido a su ubicación y a la concentración de población y activos (*ibíd.*). Las áreas urbanas con los niveles más altos de vulnerabilidad se identificaron en Centroamérica y República Dominicana, más allá del caso de Haití, que no es parte de la RIOCC. Los casos que registran vulnerabilidad extrema son la Ciudad de Guatemala y otras ciudades de ese país como Chimaltenango, Escuintla, Quetzaltenango, Antigua o San Marcos; Choluteca, La Ceiba,

Puerto Lempira y Tegucigalpa, entre otros asentamientos de Honduras; Managua y prácticamente todos los asentamientos relevantes de Nicaragua, con excepción de Bluefields y Ocotal, que verifican índices altos, pero no extremos; Santo Domingo y diversos asentamientos menores de República Dominicana (Neyba, Nagua, Bonao, Monte Cristi o Monte Plata). A esos le siguen otros como San Salvador y múltiples asentamientos en El Salvador (San Francisco Gotera, Zacatecoluca, San Vicente, etcétera); Trinidad en Bolivia; Quito y Santo Domingo en Ecuador; Filadelfia, Caaguazu y Coronel Oviedo en Paraguay; Barcelona, Tucupita, Cumana y Ciudad Bolívar en Venezuela; Cartagena, Bogotá y Barranquilla en Colombia, y la Ciudad de Panamá en Panamá.

13.3. Caracterización de riesgos e impactos derivados del cambio climático

En la **Figura 13.4** se analizan brevemente algunos de los principales riesgos asociados al cambio climático en el ámbito de los asentamientos urbanos y rurales.

Los principales impactos del cambio climático en asentamientos urbanos y rurales son la inundaciones y movimientos de masa. El efecto isla de calor y las olas de calor, en cambio, atañen más a las ciudades, mientras que las sequías suelen impactar con mayor fuerza en los asentamientos rurales y las actividades económicas que allí se realizan. La erosión costera y la intrusión salina afectan a los asentamientos costeros, mientras que el deshielo de glaciares compromete la seguridad hídrica de asentamientos rurales y urbanos tierra adentro, particularmente en la región andina. Las potenciales consecuencias o afectaciones concretas sobre infraestructura y edificaciones, medios de vida, procesos económicos la salud y la vida misma dependen de múltiples variables; como se ha dicho, desde la ubicación geográfica y las características biofísicas de cada asentamiento hasta del grado y distribución espacial de la informalidad y la inequidad.

El manejo del riesgo a escala local precisa reconocer no solo las tendencias de exposición y probable peligro, sino también cómo se producen y perciben las vulnerabilidades en dicha escala, lo cual difiere no solo para cada asentamiento, sino además dentro de cada uno de ellos. Los grados de exposición y de peligro varían tanto en el ámbito urbano como en el rural, de la misma manera en que lo hacen la estructura, forma y diseño del espacio construido, la distribución espacial e integridad de la infraestructura, la situación socioeconómica de la población, las capacidades para la toma de decisiones, las inercias políticas y las prácticas culturales, entre otras cuestiones.

El reto de la agenda de adaptación es, por tanto, reconocer y resolver, bajo el principio de adicionalidad, los factores de agravamiento que imperan de manera diversa en unos y otros asentamientos y que, además, cambian en el tiempo. Ello supone dar cuenta, para el caso de la región RIOCC, del grado de informalidad, pobreza e inequidad (incluyendo la de género), pero también de otras cuestiones como la disponibilidad y calidad del conocimiento, la dependencia tecnológica, la formación de capacidades locales para la planeación y acción, el acceso a financiación, e incluso las relaciones asimétricas de poder que bloquean o habilitan la transición sistémica (Delgado, de Luca y Vázquez, 2015; Ivanova, 2017; Dodman, Archer y Satterthwaite, 2019; Romero-Lankao *et ál.,* 2018; Henríquez, 2018; WCRP, 2019).

La urbanización descontrolada asociada a la informalidad puede generar situaciones de mayor riesgo a deslaves e inundaciones, mientras que la mala planeación urbana puede provocar la pérdida de servicios ambientales o afianzar asimetrías espaciales en torno al acceso de servicios públicos que son críticos para reducir la vulnerabilidad. De igual modo, los riesgos pueden ahondarse si la infraestructura de la que dependen las ciudades, como energía, agua y saneamiento, resulta afectada. Por ello, la estimación espacial y temporal desagregada de los riesgos climáticos es un aspecto crítico en la planeación y evaluación de estrategias y acciones concretas de adaptación a escala local (Mehrotra *et ál.,* 2009), una cuestión que aún es incipiente para el grueso de asentamientos urbanos y rurales de la región RIOCC.

Tal grado de especificidad no implica reducir el análisis meramente a lo sectorial; por el contrario, las aproximaciones habrán de apostar por visiones multidimensionales y multiescalares de los riesgos para desde ahí animar una genuina transformación sistémica. Lo anterior es relevante dadas las relaciones orgánicas que existen entre las regiones urbanizadas, las mismas que pueden facilitar la propagación de los impactos del cambio climático, afectando incluso al ámbito rural, ya que depende de ciertos servicios e insumos producidos en las ciudades, además de que estas últimas son el principal mercado de la producción rural.

13.4. Medidas de adaptación

13.4.1. Opciones de adaptación

La adaptación toma cuerpo a través de múltiples mecanismos y grados diversos de participación, que pueden enmarcarse en torno a tres dimensiones: la ecológica, tecnológica-infraestructural y social (Mc Phearson *et ál.,* 2016). Por ejemplo, desde la adaptación basada en los ecosistemas (Frantzeskaki *et ál.,* 2019; Kasecker *et ál.,* 2018; Carro *et ál.,* 2018) y en las comunidades humanas (Rubin y Rossing, 2012; Hardoy y Hardoy, 2013; Melgarejo y Lakes, 2014; Aldunce *et ál.,* 2016; Valdivieso *et ál.,* 2017; Audefroy y Sánchez, 2017) hasta la que se enfoca a la reducción del riesgo de desastres y que implica la reducción de la exposición y de las vulnerabilidades, el aumento de la resiliencia y la mejora de la capacidad de recuperación hacia estadios socialmente deseables (Meerow *et ál.,* 2016; Zimmermann *et ál.,* 2016; Mansur *et ál.,* 2018).

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Inundaciones urbanas derivadas de precipitaciones extremas en combinación con sistemas de drenaje y de gestión de residuos ineficientes o inexistentes, e incluso de planeación inadecuada de los usos del suelo y del propio diseño urbano.				
Estrés hídrico derivado de la sobreexplotación de fuentes de agua en combinación con la agudización de las alteraciones del ciclo hidrológico, la presencia de infraestructura deficiente o envejecida, y la creciente expansión de la demanda del líquido.				
Olas de calor cada vez más frecuentes que se intensifican debido a la creciente expansión del suelo construido y al mal diseño urbano que sella el suelo y en ocasiones dificulta la buena ventilación.				
Deslizamientos que afectan a viviendas e infraestructura, producto de la planificación deficiente, la ocupación irregular del suelo, y la prevención y gestión ineficiente del riesgo tanto en asentamientos urbanos como rurales.				
Erosión costera que sobre todo afecta a asentamientos mal planificados, carentes de infraestructura y acciones de adaptación, y en contextos de fuerte desigualdad, tal y como suele verificarse en ciudades turísticas de playa.				
Reducción de glaciares por aumento de la temperatura que afecta a los asentamientos urbanos y rurales que dependen de ellos para su abastecimiento hídrico.				
Propagación de vectores infecciosos en un contexto heterogéneo de la calidad de los sistemas de salud, incluso en asentamientos donde hoy día no suelen tener presencia de tales vectores.				

Factor climático determinante:

- Aumento de la temperatura
- Aumento de la precipitación
- Disminución de la precipitación
- Temperaturas extremas
- Tormentas intensas y huracanes
- Inundación
- Sequía
- Subida del nivel del mar
- Acidificación del océano
- Cambios en la estacionalidad
- Fertilización por CO_2

Importancia: Se asignó uno de los siguientes niveles: poco importante, importante y muy importante, en términos de la significación de sus impactos en los sistemas naturales o humanos, incluyendo el número de personas afectadas.

Urgencia: Se asignó uno de los tres siguientes niveles: inminente (que puede estar ocurriendo u ocurrir en cualquier momento), a medio plazo (que se espera que ocurra de aquí a mediados de siglo o cuando se exceda 1,5 °C), a largo plazo (que se espera que ocurra después de mediados de siglo o cuando se exceda de 2 °C de calentamiento).

Extensión:



Figura 13.4. Principales riesgos identificados en el ámbito de los asentamientos urbanos y rurales. Fuente: elaboración propia.

Las especificidades de dichas modalidades habrán de responder a los contextos particulares de cada caso e idealmente ser atendidas e implementadas desde una visión integral y a múltiples escalas con el fin de evitar efectos no deseados. Y es que lo que puede representar un fortalecimiento de las capacidades de adaptación para unos puede eventualmente traducirse en una transferencia del riesgo y/o en un aumento de la vulnerabilidad para otros. Ello puede suceder cuando, por ejemplo, propietarios de altos ingresos construyen muros perimetrales para protegerse de inundaciones al lado de inmuebles cuyos propietarios no pueden afrontar los costos de hacer lo mismo (Bahadur y Tanner, 2014; Fraser, Pelling y Solecki *et ál.,* 2016).

La adaptación deseable busca catalizar las sinergias positivas y aprovechar los potenciales cobeneficios. Como se muestra en la **Figura 13.5,** que sintetiza las principales medidas de adaptación propuestas por algunos gobiernos locales de la RIOCC, el programa de captura de agua en la CDMX es un ejemplo al integrar aspectos de justicia social y potenciar cobeneficios, incluyendo la mitigación de GEI (para más detalles, ver sección **13.7.4**). Otra acción similar es la adaptación basada en ecosistemas que impulsan ciudades como Buenos Aires, São Paulo, Barcelona o Bogotá. Esta medida mejora la calidad del aire con beneficios en la salud, fortalece los servicios ecosistémicos y apuntala la resiliencia al incluir acciones que fomentan la agricultura urbana y periurbana sustentable y que a su vez supone la mejora en el acceso a alimentos frescos (Van Veenhuizen, 2006; Videiro y Paulo, 2011; Orsini *et ál.,* 2013; Cruz, 2016). Otras medidas de adaptación incluyen el emplazamiento de sistemas de monitoreo e infraestructura, la mejora y ampliación de los servicios urbanos básicos, la comunicación del riesgo y la promoción de la cultura de adaptación, la transferencia del riesgo y aseguramiento, el acceso a vivienda social de calidad, e incluso la relocalización.

En todo caso, más allá de las medidas concretas antes mencionadas, priorizar la reducción de la pobreza y cerrar las brechas imperantes de desigualdad e inequidad son sin duda aspectos centrales para impulsar una agenda de adaptación climática robusta (Pelling y Garschagen, 2019).

13.4.2. Actividades de adaptación planificada

13.4.2.1. Escala supranacional y nacional

El avance en materia de adaptación a escala nacional responde, en buena medida, a la cercanía que los Gobiernos nacionales tienen con diversas dinámicas, procesos y actores internacionales con quienes se han concertado acuerdos de cooperación y asistencia, estrategias y proyectos puntuales de adaptación a escala nacional, algunos de los cuales inciden en lo local. Más allá de los múltiples organismos de Naciones Unidas que se vinculan a la CMNUCC, destacan en este punto la banca internacional y regional, así como la cooperación internacional. Ambas han apoyado financiera y técnicamente diversos proyectos de adaptación dura, blanda y verde a escala local con fondos para renovar o emplazar infraestructura e iniciativas para el desarrollo de capacidades, planes y estrategias de acción. A tal esquema se suman diversos mecanismos de financiación internacional, la labor de fundaciones, ONG y otros entes no gubernamentales privados extranjeros y nacionales, además de las actuaciones del sector privado y los entes de producción de conocimiento. La **Figura 13.6** ejemplifica los actores en cuestión sin pretender ser exhaustiva.

En la región RIOCC, el BM y el BID destacan en la promoción de medidas de adaptación dura, particularmente en materia de financiación para infraestructura. También inciden en medidas de adaptación blanda por medio de asistencia técnica y otras medidas. El programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles del BID, por ejemplo, ha incidido en más de medio centenar de ciudades de Latinoamérica con financiación y asistencia técnica para el desarrollo de sus planes de acción, los cuales incluyen el componente climático. De manera similar, la Fundación Rockefeller ha promovido medidas de adaptación blanda desde la noción de resiliencia a partir de su programa 100 Ciudades Resilientes y en el cual participaron 18 ciudades de la RIOCC (ver **caso de estudio 13.7.1**).

Cabe destacar también la labor de organizaciones como Cities Climate Leadership Group (C40) (C40 Cities, 2019) y Local Governments for Sustainability (ICLEI) (ICLEI, 2019). Por ejemplo, en México ICLEI impulsó, con el apoyo de la embajada británica, la elaboración de decenas de Planes de Acción Climática en municipios urbanos y rurales. Hasta marzo de 2015 se habían publicado siete decenas de planes de acción climática a escala municipal, once de los cuales correspondían a asentamientos rurales. En ese entonces se sostenía que estaban en proceso cuatro decenas adi-

*Nota sobre la **Figura 13.5.** La lista de las principales amenazas o impulsores identificados no es exhaustiva, sino que se citan solo aquellos más relevantes a escala local. El grado de urgencia identificado alude a la necesidad de tomar tales o cuales medidas de manera inmediata, lo que no necesariamente equivale a la importancia de las medidas en el mediano o largo plazo dado que puede variar según se agudicen unos u otros impactos. Por ejemplo, la infraestructura para mitigar el aumento del nivel del mar tomará mayor relevancia en el mediano y más aún en el largo plazo. En definitiva, lo que se precisa es el grado en que las medidas indicadas pueden contribuir a la adaptación en distintos periodos de tiempo. La valoración del riesgo y la adaptación potencial son meramente indicativas. Parten de preguntarse el grado de riesgo al que se está expuesto si la adaptación alcanza su nivel más alto en un marco temporal dado, asumiendo que en el mediano y sobre todo el largo plazo los impactos del cambio climático se agudizarán (en un escenario de aumento en la temperatura promedio de 4 °C). Como resultado se visibilizan el grado de adaptación potencial y las oportunidades desaprovechadas en caso de no implementarse cuanto antes, y de manera decidida, una agenda de adaptación robusta. Fuente: elaboración propia con base en las comunicaciones nacionales de los países RIOCC, los planes de acción climática o de resiliencia urbana de las ciudades indicadas, y valoración experta.*

Medida(s) de adaptación	Tipos de adaptación	Ejemplos de asentamientos que consideran dicha medida	Principales amenazas o impulsores	Urgencia	Nivel de riesgo y potencial para la adaptación a escala local: Marco temporal	Riesgo y adaptación potencial: Muy bajo / Medio / Alto / Muy alto
Ampliación y fortalecimiento de la red meteorológica.	P	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, Madrid, São Paulo, Santiago de Chile, Quito, Montevideo, Tegucigalpa			Presente Mediano plazo Largo plazo	
Sistemas de alerta temprana. Planes de contingencia. Red de refugios.	P	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, Madrid, São Paulo, Bogotá, Tegucigalpa, Managua, Panamá, Montevideo			Presente Mediano plazo Largo plazo	
Atlas de riesgos. Evaluación de la vulnerabilidad de infraestructura estratégica con el fin de asegurar su funcionamiento.	P	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, Madrid, Santiago de Chile, Quito, Montevideo, Bogotá			Presente Mediano plazo Largo plazo	
Atención o relocalización de población vulnerable.	P	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, São Paulo, Bogotá, Quito, Montevideo, Costa Rica			Presente Mediano plazo Largo plazo	
Vigilancia epidemiológica (vectores infecciosos).	P A	Buenos Aires, Río de Janeiro, São Paulo, Quito, Montevideo			Presente Mediano plazo Largo plazo	
Incorporación de la adaptación al ordenamiento territorial y diseño urbano, incluyendo la contención de la mancha urbana.	P	Buenos Aires, Río de Janeiro, São Paulo, Bogotá, Cartagena, Quito, Tegucigalpa, Managua, Panamá, Montevideo			Presente Mediano plazo Largo plazo	
Mejora de la coordinación intersecretarial y sectorial.	P	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, Madrid, Santiago de Chile, Bogotá, Tegucigalpa, Montevideo			Presente Mediano plazo Largo plazo	
Construcción de capacidades locales y cumplimiento del marco regulatorio.	P A	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, Madrid, São Paulo, Santiago de Chile, Bogotá, Cartagena, Quito, Tegucigalpa, Managua, Panamá, Montevideo			Presente Mediano plazo Largo plazo	

Amenazas:
- Lluvias torrenciales
- Disminución de la precipitación
- Aumento de temperatura
- Golpes de frío
- Ciclones
- Vendavales
- Aumento del nivel del mar

Impactos:
- Inundaciones
- Movimientos de masa
- Sequías
- Olas de calor
- Retroceso de glaciares
- Heladas
- Erosión costera e intrusión salina
- Vectores infecciosos
- Daños a infraestructura y edificaciones
- Afectaciones a medios de vida, salud y economía

Tipos de adaptación:
- P planificada, es decir, es el resultado de decisiones políticas deliberadas
- A autónoma, es decir, se realiza normalmente por individuos, comunidades o entes privados
- dura (mediante infraestructuras o aplicaciones tecnológicas)
- blanda (acciones políticas, sociales, normativas, etc.)
- verde (acciones basadas en los ecosistemas)

Urgencia: Muy alta / Alta / Media / Baja

Marco temporal:
Presente
Mediano plazo (2050)
Largo plazo (2100; 4 °C)

Riesgo y adaptación potencial:
Potencial de adaptación adicional para reducir el riesgo
Nivel de riesgo con alta adaptación
Nivel de riesgo con adaptación actual

Figura 13.5. Principales riesgos identificados en el ámbito de los asentamientos urbanos y rurales. *(Continúa en la página siguiente).*

Medida(s) de adaptación	Tipos de adaptación	Ejemplos de asentamientos que consideran dicha medida	Principales amenazas o impulsores	Urgencia	Nivel de riesgo y potencial para la adaptación a escala local Marco temporal / Riesgo y adaptación potencial (Muy bajo · Medio · Alto · Muy alto)
Inclusión de la dimensión de género y de grupos prioritarios en el diseño, ejecución y seguimiento de acciones adaptativas.	P	CDMX, Quito, Guatemala			Presente · Mediano plazo · Largo plazo
Subsidios, financiamiento y alianzas público-privadas. Transferencia de riesgo y aseguramiento.	P	CDMX, Río de Janeiro, Tegucigalpa, Bogotá, Montevideo			Presente · Mediano plazo · Largo plazo
Red de drenaje pluvial y otra infraestructura hidráulica.	P	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, São Paulo, Bogotá, Tegucigalpa, Managua, Quito, Montevideo			Presente · Mediano plazo · Largo plazo
Infraestructura verde Renaturalización y huertos urbanos.	P A	Buenos Aires, Río de Janeiro, CDMX, São Paulo, Tegucigalpa, Managua, Panamá			Presente · Mediano plazo · Largo plazo
Recuperación o regeneración de servicios ecosistémicos.	P	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, Madrid, São Paulo, Santiago, Bogotá, Cartagena, Quito, Tegucigalpa, Managua, Panamá, Montevideo			Presente · Mediano plazo · Largo plazo
Agua regenerada o cosecha de lluvia.	P A	Madrid, São Paulo, Santiago de Chile, Bogotá, CDMX			Presente · Mediano plazo · Largo plazo
Intervenciones para mitigar el efecto isla de calor (p. ej., arbolado).	P A	Buenos Aires, Río de Janeiro, Madrid, São Paulo, Santiago de Chile, Tegucigalpa, Managua, Panamá			Presente · Mediano plazo · Largo plazo
Infraestructura de protección.	P A	Río de Janeiro, Cartagena, Panamá			Presente · Mediano plazo · Largo plazo
Comunicación del riesgo. Promoción de la cultura de la adaptación.	P A	Buenos Aires, CDMX, Río de Janeiro, Madrid, São Paulo, Santiago de Chile, Bogotá, Cartagena, Quito, Tegucigalpa, Managua, Panamá, Montevideo			Presente · Mediano plazo · Largo plazo

Amenazas: Lluvias torrenciales; Disminución de la precipitación; Aumento de temperatura; Golpes de frío; Ciclones; Vendavales; Aumento del nivel del mar

Impactos: Inundaciones; Movimientos de masa; Sequías/Estrés hídrico; Olas de calor; Reducción de glaciares; Heladas; Erosión costera/Intrusión salina; Vectores infecciosos; Daños a infraestructura y edificaciones; Afectaciones a medios de vida, salud y economía

Tipos de adaptación:
- P planificada, es decir, es el resultado de decisiones políticas deliberadas
- A autónoma, es decir, se realiza normalmente por individuos, comunidades o entes privados
- Dura (mediante infraestructuras o aplicaciones tecnológicas)
- Blanda (acciones políticas, sociales, normativas, etc.)
- Verde (acciones basadas en los ecosistemas)

Urgencia: Muy alta · Alta · Media · Baja

Marco temporal:
Presente
Mediano plazo (2050)
Largo plazo (2100 RCP 4.5 °C)

Riesgo y adaptación potencial: Potencial de adaptación adicional para reducir el riesgo; Nivel de riesgo con alta adaptación; Nivel de riesgo con adaptación actual

Figura 13.5. Principales riesgos identificados en el ámbito de los asentamientos urbanos y rurales. Fuente: elaboración propia. *(Continúa)*

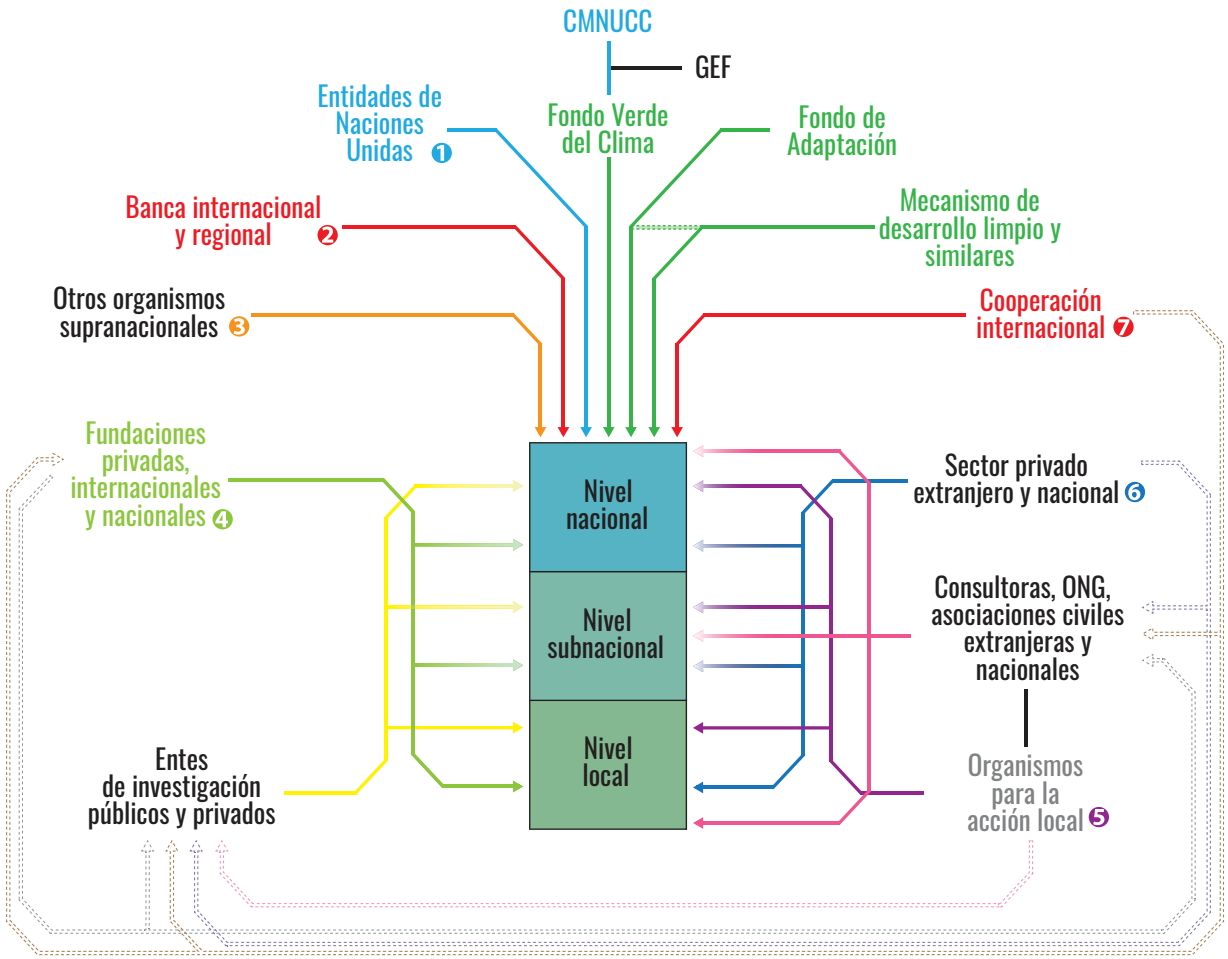


Figura 13.6. Mapa de actores involucrados en la acción por el clima. Fuente: elaboración propia.

*Nota sobre la **Figura 13.6.** La figura es meramente indicativa. Delinea a grandes rasgos la diversidad de actores involucrados en la acción por el clima, ya sea trabajando indirecta o parcialmente a nivel local, o específicamente incidiendo en dicho nivel para impulsar planes, estrategias y acciones para la adaptación y la mitigación, o bien trabajando con agendas cercanas, como la resiliencia urbana, la reducción del riesgo de desastres o el avance de los ODS a escala local. Las flechas de color sólido indican la escala en la que prioritariamente inciden u operan los distintos actores identificados. Las flechas discontinuas señalan algunas de las relaciones o interacciones clave entre los actores identificados. Algunos ejemplos de los grupos de actores indicados con números son: (1) ONU-HABITAT, PNUD, PNUMA, UNISDR; (2) Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Banco de Desarrollo de América Latina, Banco Centroamericano de Integración Económica; (3) Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático, Asociación de Estados del Caribe, Mercosur, Comunidad Andina, The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility, Global Commission on Adaptation /Global Center on Adaptation; (4) Fundación Rockefeller, Fundación Ford, Fundación Newton, Fundación Oswaldo Cruz, Fundación Wellcome, Fundación Getúlio Vargas, Fundación Konrad Adenauer, Fundación Futuro Latinoamericano, Climate & Development Knowledge Network; (5) ICLEI, C40, Cities Alliance, Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático, Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático, Foro de Secretarios de Medio Ambiente de las Capitales Brasileñas, Red de Municipios para la Adaptación Local ante los Impactos del Cambio Climático (Portugal), Red Española de Ciudades por el Clima; (6) Centro Helmholtz de Investigación Ambiental, Citibanamex, AXA Seguros, Aguas Andinas, Braskem, Eletrobras, Empresa Brasileira de Correio e Telégrafo, Coca-Cola FEMSA, CYDSA, Grupo Carso, Walmart, EDP-Energias de Portugal, Acciona, Endesa, Gas Natural Fenosa, Meliá Hoteles, NH Hotel Group, América Móvil, Telefónica, y (7) Cooperación Alemana al Desarrollo, Euro Clima, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Agencia Francesa para el Desarrollo, Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional.*

cionales de planes con los que se cubría una buena parte de la población nacional, a pesar de que se cubría tan solo el 4,5 % del total de los municipios del país (Delgado, Van Staden y Villaseñor, 2018).

La Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), además de propiciar medidas de adaptación blandas, también ha apoyado medidas de adaptación verde. Ejemplo de estas últimas es el desarrollo de una hoja de ruta para la implementación de infraestructura verde como estrategia para la

mitigación y la adaptación en ciudades mexicanas (SEDATU, SEMARNAT, GIZ, 2018).

Otros proyectos destacados corresponden al Risk Habitat Megacities: Estrategias para el Desarrollo Sostenible en Megaciudades y Aglomeraciones Urbanas (Krellenberg *et ál.,* 2009), el proyecto de seguimiento sobre Adaptación Climática Santiago - CAS (2010-2013), coordinado por el Centro Helmholtz de Investigación Ambiental – UFZ de Alemania (CAS, 2019), o la Iniciativa Global de Ciudades Inteligentes de Morgenstadt, que contempla afrontar desafíos como la mitigación y la adaptación climática, así como la eficiencia en el uso de los recursos por medio de la consolidación de City Labs. Para ello ha seleccionado dos casos piloto dentro de la región RIOCC: Piura (Perú) y Saltillo (México). Medidas similares se promueven desde el proyecto de Adaptación Climática Inteligente en Ciudades, financiado por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear de Alemania, con casos piloto en Trujillo (Perú) y Guadalajara (México). Entre los resultados logrados destaca la multiplataforma Arbol IoT, que busca el manejo de arbolado urbano a partir de la sensorización y democratización del conocimiento (TIC-A México, 2019).

La Red de Ciudades Resilientes, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano del Gobierno de México, también ha jugado un papel importante. Como parte del programa internacional City Resilience Profiling de ONU-HABITAT, ha elaborado perfiles de resiliencia estructurados en cinco dimensiones: organizacional, espacial, física, funcional y temporal (SEDATU-SEGOB-ONU HABITAT, 2016). Más reciente, sobresale también el programa Gobernanza transformativa del Instituto Alemán de Desarrollo con un marco temporal de operación fijado hasta mayo de 2025. Con la idea de construir una «gobernabilidad transformativa», busca fomentar coaliciones enfocadas y de alto impacto entre actores públicos, privados, de conocimiento y comunitarios en cinco ciudades piloto, además de promover la investigación (Alliance México, 2019).

Existen otros procesos de carácter más endógeno que quieren incidir en el diseño de políticas nacionales de adaptación y que tienen implicaciones directas o indirectas para lo local. La Estrategia Nacional de Cambio Climático de Argentina (Gobierno de la Argentina, 2011) ha incorporado la planificación territorial a la gestión integral del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático, al mismo tiempo que apuesta por la incorporación de consideraciones de adaptación climática en los sistemas productivos e infraestructura del país. Para ello monitorea el cambio porcentual de municipios ejecutando planes maestros basados en modelos y medidas adaptativas al cambio climático. En paralelo se ejecuta el Plan Federal de Control de Inundaciones, que financia la planeación integral y el emplazamiento de infraestructura a través del Fideicomiso de Infraestructura Hídrica (por ejemplo, en la cuenca del río Salado; SADSN, 2015).

Enmarcado en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Gobierno de Chile, 2015), el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades de 2018 establece una serie de lineamientos para el fortalecimiento de la capacidad de respuesta de las ciudades chilenas y sus habitantes ante las amenazas climáticas (MMA, 2018). En tal contexto, el ordenamiento del territorio y la planificación urbana para la adaptación y la resiliencia son aspectos nodales de una visión prospectiva, multidimensional y multifactorial que propicia la coordinación entre distintos sectores y niveles de gobierno. En materia de recursos hídricos ello aterriza en el Plan de Adaptación al Cambio Climático para los Recursos Hídricos y el correspondiente para Ciudades de Chile, los cuales establecen líneas prioritarias de atención para la incorporación de la gestión del agua, de los eventos meteorológicos extremos y de las emergencias sanitarias en la planeación territorial y urbana (Gobierno de Chile, 2015).

De manera similar se verifican las acciones planteadas en la Política Nacional de Cambio Climático de Colombia (MINAMBIENTE, 2017). Al dar cuenta de la relación entre las ciudades, las zonas rurales y los ecosistemas, se advierte que a través del ordenamiento territorial es posible establecer una estructura espacial adecuada que encause el desarrollo sostenible, meta que buscan la Misión de Ciudades y su estrategia «Ciudades amables y sostenibles para la equidad» (*ibíd.*). La vulnerabilidad urbana conduce a una estrategia de adaptación (y de mitigación) enfocada en viviendas, infraestructura (en especial de agua, transporte y gestión de residuos) y espacios naturales urbanos y periurbanos de la mano de acciones para una expansión controlada de las ciudades que se circunscribe a los «planes integrales de gestión del cambio climático» (*ibíd.*).

En Brasil, el Ministerio de Medio Ambiente ha desarrollado desde diciembre de 2017 el proyecto AdaptaClima (AdaptaClima, 2019), una plataforma de conocimiento sobre adaptación climática del Centro de Estudios en Sustentabilidad de la Fundación Getúlio Vargas y cuya meta es sistematizar la información e identificar las áreas temáticas prioritarias para alimentar el Plan Nacional de Adaptación. Cabe señalar que antes de esta iniciativa el Ministerio de Medio Ambiente y la Vicepresidencia de Ambiente, Atención y Promoción de la Salud de la Fundación Oswaldo Cruz desarrollaron una plataforma digital para el cálculo de un Índice Municipal de Vulnerabilidad (SisVuClima, 2019). El índice se aplicó a los municipios de seis estados entre 2016 y 2017: Paraná, Espíritu Santo, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Maranhão y Amazonas. Otra iniciativa similar para evaluar la vulnerabilidad municipal a sequías para 2040 fue desarrollada por el Ministerio de Medio Ambiente y WWF (2017), basándose en variables climáticas, socioeconómicas y físico-ambientales. Si bien tales esfuerzos no están explícitamente asumidos para la adaptación urbana o rural, algo que a nivel subnacional aún no permea lo suficiente en la agenda política de dicho país (Andrade, 2017), sin duda son punto de partida para concretar medidas planificadas por parte de los gobiernos locales, tales como las identificadas por el Panel Brasileño de Cambio Climático para el caso de las ciudades (PBMC, 2016a y 2016b). Dicho proceso, se advierte, habrá de considerar variables críticas que reflejen la realidad y capacidades

adaptativas diferenciadas de las ciudades brasileñas (Marques *et ál.,* 2017).

En México, al mismo tiempo que la actualización de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, visión 10-20-40 y el establecimiento del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (SEMARNAT, 2013), que entre otras cuestiones pretenden reducir la vulnerabilidad de por lo menos la mitad de los municipios más vulnerables del país, se han desarrollado una Metodología para la Priorización de Medidas de Adaptación frente al Cambio Climático (SEMARNAT-GIZ, 2015) y un Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (INECC, 2018). Asimismo, a escala local se han integrado nociones climáticas en los Lineamientos hacia la Sustentabilidad Urbana (Aragón-Durand y Delgado Ramos, 2019) con el propósito de trazar la ruta para su incorporación en la planeación y gestión urbana en, por ejemplo, los Planes Municipales de Desarrollo Urbano. A lo dicho se suman algunas medidas que derivan de la agenda de gestión de desastres, que apuesta por una transformación progresiva de enfoque, de una atención posdesastre a una visión preventiva a partir del fortalecimiento de las capacidades institucionales a nivel municipal (PNUD-INECC, 2017; Sánchez y Morales, 2018).

En República Dominicana, una de las medidas clave es el desarrollo de un Plan de Ordenamiento Territorial para la reducción de la vulnerabilidad en los barrios más expuestos a inundaciones en zonas urbanas. Muchos de estos barrios son poblacionalmente densos, pobres, carentes de servicios básicos y de infraestructura, características que en un contexto de cambio climático los torna más vulnerables a las inundaciones (ICMA/ICF/FEDOMU/ADN, 2016). Simultáneamente, y como medida de prevención y respuesta, el país se ha enfocado en mejorar el servicio de provisión de agua potable y de recolección y disposición de aguas residuales (USAID/REDDOM/Fundación PLENITUD, 2017 ver **caso de estudio 13.7.2**).

En Cuba se atiende la vulnerabilidad del litoral norte de La Habana desde el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático o Tarea Vida, que, entre sus acciones estratégicas, propone la protección costera, el reordenamiento urbano y el desarrollo de códigos de edificación que incluyan consideraciones climáticas (por ejemplo, es obligatorio elevar el nivel del piso respecto al nivel de la acera entre 15 y 45 centímetros en los portales y 1,20 metros en el interior de las edificaciones). Esta serie de medidas son particularmente relevantes si se toma nota de que el 50 % de la vivienda en las 13 ciudades más importantes de ese país tienen un estado constructivo desfavorable y aún más cuando se reconoce que 75 asentamientos costeros corren un alto o muy alto peligro de sufrir penetraciones del nivel del mar, especialmente aquellos ubicados en Pinar del Río, La Habana y Granma (República de Cuba, 2015). El proyecto se extiende a la coordinación de una serie de acciones que tienen en cuenta los asentamientos más expuestos y otro grupo de tareas, soluciones e inversiones, por ejemplo, en obras hidráulicas y de ingeniería costera (CITMA, 2016).

En Argentina, Uruguay, Brasil y México ha sido también importante avanzar hacia una adecuada gestión hídrica para la gobernanza de la adaptación en ciudades, aunque hay que mencionar que, por ejemplo, para el caso de México, la gobernanza urbana de la adaptación no está definida de manera clara en los planes de desarrollo urbano, sino que es en la gestión de desastres de origen hidrometeorológico donde aparece como un asunto de gestión urbano-climática (Aragón-Durand y Delgado, 2016). Esto, en cambio, sí se expresa en la Estrategia Nacional de Cambio Climático de Argentina 2012-2016 (Gobierno de la Argentina, 2011) o en la Política Nacional de Cambio Climático de Uruguay (República Oriental del Uruguay, 2017), donde puntualmente se expresa que la implementación de estas políticas deberá garantizar la participación de las distintas instituciones, organizaciones públicas, privadas, académicas y de la sociedad civil a través de espacios interinstitucionales e intersectoriales eficientes. En Uruguay lo dicho se articula con el Plan Nacional de Relocalizaciones del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, que tiene por objeto mejorar la calidad de vida y la salud de la población asentada en terrenos inundables a partir de identificar el nivel de riesgo al que están expuestas las viviendas para, en su caso, implementar medidas de relocalización (MVOTMA, 2015).

Centroamérica, en cambio, demanda especial atención, ya que el desarrollo institucional para la gobernanza del cambio climático sigue siendo menor y comparativamente mucho más dependiente de la cooperación internacional y supranacional. En todos esos países, la bibliografía gris, sobre todo por parte de organismos internacionales y de gobierno, es la que en mayor medida da cuenta del estado que guarda la información, diagnósticos de vulnerabilidad y medidas de adaptación para la gobernanza. Puede, así, mencionarse la Política Nacional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de Nicaragua, que incluye lineamientos de adaptación dura y blanda a escala local, particularmente ante inundaciones y deslizamientos (Gobierno de Nicaragua, 2019). Entre las contadas publicaciones científicas que abordan alguna dimensión local de la adaptación ante los impactos del cambio climático, están las que abordan el caso de Cartago, Costa Rica (Hori *et ál.,* 2012); Los Manantiales y Cinquera en El Salvador (Wamsler, Brink y Rentala, 2012; Campos *et ál.,* 2013); Esteli en Nicaragua (Moser y Stein, 2011); Tawahka y La Ceiba en Honduras (McSweeney y Coomes, 2011; Smith *et ál.,* 2011), y San Salvador en El Salvador (Wamsler y Lawson, 2012; Wamsler y Brink, 2014). Es, pues, notorio que el desarrollo de capacidades científicas para la adaptación, especialmente en asentamientos urbanos y rurales, sigue siendo un aspecto regional limitado que, sin embargo, es relativamente compensado por la actuación de actores y diversas instituciones u organismos internacionales. Destacan, así, los esfuerzos del Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central y República Dominicana (CEPREDENAC, cepredenac.org) desde donde se verifica una tendencia hacia la homogeneización de las políticas de adaptación y sus objetivos (BID, 2013a; Sanahuja e Ishizawa, 2017). También están otras acciones emprendidas con el apoyo del CRID-LA (cridlac.org), el PFC GR (El Salvador), la EIRD (Panamá) o JICA (para

el caso del desarrollo del Plan Maestro para el Desarrollo Urbano de Managua, que incluye nociones de sostenibilidad y resiliencia; Alcaldía de Managua, 2017).

Considerando que en Centroamérica la ruta de acción hacia la adaptación al cambio climático ha sido esencialmente desde la gestión del riesgo de desastres y la gobernanza de los impactos a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos, no extraña que los perfiles de país elaborados por el Banco Mundial en la región establezcan la vinculación entre la gestión del riesgo de desastres y la adaptación ante los crecientes impactos del cambio climático, incluyendo recientemente el componente urbano de cara a la transición demográfica que ahí se experimenta (Sanahuja e Izhizawa, 2017). En El Salvador ello ha derivado en un Plan Inicial de Adaptación al Cambio Climático del Área Metropolitana; en Panamá, en un marco regulatorio y metodológico para la implementación de los planes de uso de suelo sensibles al riesgo, y en Costa Rica, en la transversalización de la gestión del riesgo de desastres en el marco de los proyectos del Ministerio de Planeación Nacional y Política Económica (Banco Mundial y GFDRR, 2016) como resultado de la adopción de la metodología del BID para integrar la gestión de riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en la inversión Pública (BID, 2014).

Derivado de tal experiencia, el BM identifica tres retos: 1) para reducir los riesgos futuros, las municipalidades necesitarán contar con capacidades adecuadas de información, así como con incentivos para que la gestión del riesgo de desastres se incorpore en la planeación territorial a nivel local; 2) la reducción de riesgos existentes requerirá de inversión que a su vez necesitará de apoyo financiero de los Gobiernos centrales, y 3) para mejorar la comprensión del riesgo de desastres, los Gobiernos nacionales necesitarán contar con una mejor base de conocimiento de la vulnerabilidad a nivel local (Sanahuja e Izhizawa, 2017). Con respecto al segundo punto, Centroamérica se comprometió en 2014 a ser parte de la Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (CCRIF, 2019), mientras que Panamá formalizó, en 2014, la implementación del Marco para la Gestión del Riesgo Fiscal ante la eventualidad de desastres, que es el primera en su tipo en Centroamérica.

13.4.2.2. Escala subnacional y local

Más allá de las medidas implementadas por gobiernos subnacionales, que son el medio conductor de los impulsos nacionales hacia lo local, y viceversa, destaca la conformación de redes de actores locales, sean municipios o ciudades. En este punto no nos referimos a las redes internacionales como el Pacto de Alcaldes, ICLEI, Cities Alliance o C40 que estimulan procesos similares, pero a escala global, y en los que participan diversos gobiernos locales de los países RIOCC. Por el contrario, aludimos a las redes nacionales abocadas específicamente a la coordinación de esfuerzos e iniciativas de país, contexto en el que cabe mencionar cinco experiencias en la región RIOCC:

1. La Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático (redmunicc.cl), que integra 46 municipios de las 16 regiones del país para articular y empoderar a los gobiernos locales y aumentar la capacidad adaptativa de las comunidades, los ecosistemas y la economía ante el cambio climático a partir de planear y gestionar su territorio. Para ello ha impulsado Planes Locales de Cambio Climático basados en perfiles climáticos locales y mapas de riesgos. La red es parte de las múltiples acciones que impulsa Adapt Chile, una potente agrupación que trabaja en la gobernanza climática chilena (ver **Recuadro 13.2**).
2. La Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (ramcc.net), compuesta por 130 municipios y comunas, que busca coordinar acciones locales, socializar experiencias y evaluar resultados de programas municipales tanto de mitigación como de adaptación.
3. El Foro de Secretarios de Medio Ambiente de las Capitales Brasileñas (Forum Cb27), creado en 2012 con el apoyo de la Fundación Konrad Adenauer Brasil, para fomentar la articulación de la política de las 26 capitales y el gobierno del Distrito Federal de ese país, mediante encuentros recurrentes entre secretarios de medio ambiente desde los cuales se puedan compartir experiencias y fomentar la cooperación. En 2017, el foro sumaría el apoyo formal del ICLEI.
4. La Red de Municipios para la Adaptación Local ante los Impactos del Cambio Climático de Portugal, parte del proyecto ClimAdaPT (Climadapt Local, 2019) que se propone articular la elaboración de estrategias municipales de adaptación, formar técnicos y conformar una plataforma de conocimiento sobre la temática.
5. La Red Española de Ciudades por el Clima (redciudadesclima.es), que abarca el 60 % de la población de ese país. Busca coordinar e impulsar las políticas de adaptación y mitigación de ciudades y pueblos españoles desde la figura del apoyo técnico y ente articulador con los objetivos de la política nacional (y supranacional) en materia de cambio climático y gestión energética, incluyendo apuestas novedosas de movilidad y de economía circular. El 16 % de los municipios adheridos han comprometido el establecimiento de políticas de adaptación, siendo los más avanzados en dicha materia el País Vasco, Canarias, y Valencia (FEMP, 2016).

A nivel subnacional, existen diversas medidas en la región RIOCC. A continuación, se mencionan algunas de ellas sin pretender ser exhaustivos.

México ha desarrollado programas estatales de acción ante el cambio climático y una guía para su elaboración que se centra en acciones relacionadas con recursos hídricos, alimentación, salud, territorio, infraestructura, biodiversidad, energía, transporte y finanzas. A pesar de hacer énfasis en la planificación, especialmente en zonas costeras vulnerables (Tejeda-Martínez y Conde, 2008), la aproximación y medidas para la adaptación son, por lo general, sectoriales e insuficientes (Delgado, de Luca y Vázquez, 2015). Pese a ello,

Recuadro 13.2. Adapt Chile en el avance de la gobernanza climática: vinculando lo local, nacional e internacional

Adapt Chile busca promover la integración del cambio climático como eje transversal en la toma de decisiones, particularmente a nivel municipal. Para ello vincula gobiernos con actores locales, regionales y nacionales, incluyendo la academia, el sector privado, organizaciones sociales, redes de ciudades y agencias multilaterales de cooperación al desarrollo. Cuenta con cuatro áreas de acción: 1) diálogo ciencia-política, 2) generación de capacidades, 3) gobernanza climática, y 4) la coordinación de la Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático. La generación de capacidades locales tiene especial énfasis en producir herramientas y metodologías para la capacitación de técnicos municipales, mientras que el desarrollo del diálogo ciencia-política busca crear puentes de comunicación y colaboración entre el mundo académico y los tomadores de decisión a distintas escalas de la gestión institucional. Las acciones en materia de gobernanza y políticas públicas se enfocan en el desarrollo de un análisis crítico, diseño y formulación de propuestas de políticas públicas, así como en fomentar sistemas de gobernanza en torno al cambio climático, lo cual es relevante dado que las municipalidades en Chile suelen, por lo general, contar con pocas facultades, capacidades y recursos para actuar frente al cambio climático. En dicho contexto, los diagnósticos climáticos-urbanos y de coordinación en términos de la gobernanza, especialmente en ciudades conformadas por más de una comuna, son cada vez más pertinentes, un proceso del que se busca que incluya las acciones necesarias para implementar medidas de adaptación participativa, tal y como se plantea en la Guía para la Elaboración de Planes Locales de Cambio Climático (RCMCC, 2018) y también en el Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022, por ejemplo, en torno a la potenciación de acciones para la reducción de riesgo de desastres en barrios intervenidos por el Programa «Quiero mi Bario» del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MMA, 2018). Dentro de dicho plan, Adapt Chile participa en dos medidas: 1) el fomento del uso eficiente del recurso hídrico en el espacio público, y 2) el fortalecimiento del desarrollo de capacidades municipales (*ibíd.*).

la Ciudad de México se ha propuesto «aumentar las capacidades adaptativas de la población y construir resiliencia», particularmente con énfasis en los 3 millones de personas que cuentan con un grado de riesgo de inundación de medio a muy alto de entre los 5,6 millones de personas consideradas vulnerables (SEDEMA, 2014: 89, 109). Y aunque las capacidades a nivel del gobierno de la CDMX han avanzado, no ha sido así a nivel local, a pesar de que 9 de las 16 alcaldías que conforman la CDMX han desarrollado, aunque no necesariamente implementado, un plan de acción climática, según constata el Índice de Capacidad Institucional Climático-Ambiental Local 2019 (PCPTU, 2019). Tampoco ha sido así en lo que respecta a la coordinación metropolitana, más allá de la acción para mejorar la calidad del aire (Delgado *et ál.,* 2019). La entrada en vigor de la Constitución Política de la CDMX abre la posibilidad de revertir tal situación. Entre las medidas previstas para este fin destacan un nuevo plan de acción climática que elabora el Gobierno y el establecimiento de un Instituto de Planeación que estaría a cargo de un programa general de ordenamiento territorial y desarrollo urbano desde el cual limitar la especulación urbana y sus impactos (Delgado, 2019A), por un lado, al regular de manera efectiva los usos del suelo y, por otro, aumentar «la resiliencia ante fenómenos adversos» (Gobierno de México, 2019a).

Otro ejemplo de actuación subnacional es la elaboración de una guía metodológica de adaptación al cambio climático para municipios de la provincia de Badajoz en España (Diputación de Badajoz, 2018), la cual ha derivado en la puesta en marcha de dos planes locales de adaptación en la Siruela (AdaptaLocal, 2018a) y Tamurejo (AdaptaLocal, 2018b). En ambos casos se hace énfasis en la adaptación basada en la comunidad, lo que sin duda caracteriza también la actuación de Barcelona. En esta ciudad la plataforma Decidim Barcelona (Decidim Barcelona, 2019) ha sido fundamental para el empuje, coproducción y transparencia del Plan Clima y de otras medidas. En el mes de noviembre de 2019 la plataforma había ya recibido 14.128 propuestas, de las cuales 9.840 habían sido aceptadas. Entre las acciones en marcha figuran aquellas sobre planificación barrial y litoral, adaptaciones técnicas a viviendas, revegetación y recuperación de áreas de valor ecológico y cultural, y el empuje a la producción urbana de alimentos, entre muchas otras.

Madrid y Zaragoza se han preocupado particularmente por la calidad del aire con un impulso de la infraestructura verde y la revegetación urbana (Ayuntamiento de Madrid, 2017; Ayuntamiento de Zaragoza, 2018). En ese contexto, por ejemplo, el Ayuntamiento de Zaragoza ha integrado en su estrategia la mejora de la calidad del aire en relación con la salud de sus residentes. Según advierte, «... conocer los impactos más relevantes para nuestro entorno y sociedad, como son el impacto de los extremos térmicos sobre la morbimortalidad y cómo influye la contaminación atmosférica en la población general y en los grupos especialmente vulnerables [...] es esencial para detectar riesgos y vulnerabilidades de forma temprana, prevenir los impactos y adaptarse en la medida de lo posible» (*ibíd.,* 89). Algo similar se plantea en cuanto a la necesidad de una progresiva adaptación al calor, a través de medidas que reduzcan sus impactos (*ibíd.*). En ese contexto se enmarcan el proyecto Madrid + Natural (Ayuntamiento de Madrid, 2016) y el Plan Director de Infraestructura Verde de Zaragoza (Zaragoza Medioambiente, 2019).

Se suman, además de otros casos de planificación de acciones adaptativas, como el del Ayuntamiento de San Sebas-

tián (2017), los lineamientos para la elaboración de planes locales de adaptación, la guía metodológica para medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en la planeación urbana, y la guía para la reducción de la vulnerabilidad de los edificios frente a inundaciones de 2017, los cuales se encuentran en la Plataforma de intercambio y consulta de información sobre adaptación al cambio climático en España, AdapteCCa, otra iniciativa más que busca consolidar un instrumento de información y comunicación entre actores clave en la construcción de la gobernanza climática en dicho país (Adaptecca, 2019).

En Brasil se ha identificado que, de los 26 estados y un Distrito Federal que lo integran, 15 ya han elaborado legislaciones relativas al cambio climático, 12 de las cuales precisan la necesidad de políticas públicas de adaptación en asentamientos urbanos (Andrade, 2017). Sin embargo, el grueso de los avances desde la escala subnacional se concentra en 3 estados: Pernambuco, São Paulo y Río de Janeiro (*ibíd.*), aunque también habrían de agregarse Paraná y Goiás, cuyas capitales también han implementado su plan de adaptación local.

En el caso de Uruguay, la política de cambio climático ha incluido medidas subnacionales, como las que se enmarcan en el proyecto Cambio Climático Territorial - Desarrollo local resiliente al cambio climático y de bajas emisiones de carbono en los departamentos de Canelones, Montevideo y San José. A nivel metropolitano, sobresale el Plan Climático de la Región Metropolitana de Uruguay, que, además de plantear medidas para hacer frente a los impactos del cambio climático, busca puntualmente propiciar una coordinación institucional entre los diferentes actores y los programas y acciones de gobierno, que se planteaban de modo cada vez más fragmentado (PNUD, 2012). Desde la perspectiva de la planificación urbana, el área metropolitana ha tenido una cantidad relevante de instrumentos de planificación, como planes, estrategias y lineamientos departamentales. Sin embargo, el área metropolitana de Montevideo implica un nuevo nivel de gobernanza y coordinación, ya que está compuesto por tres gobiernos departamentales, Montevideo, San José y Canelones, que abarcan 42 municipios. Dentro de los objetivos del plan, el primero a nivel subnacional en Uruguay, destaca el reconocimiento del ordenamiento territorial como herramienta estratégica para la adaptación y la mitigación de la mano del diseño colaborativo de estrategias y la integración horizontal desde el principio de la transversalidad. Así, y desde una noción de la adaptación como parte de un proceso de planificación para la construcción de resiliencia local, el plan se enfoca en cuatro temas clave: 1) recursos hídricos, 2) agricultura y producción de alimentos, 3) población vulnerable y bajo situación de riesgo, y 4) zonas costeras (adaptación basada en ecosistemas). Entre las acciones de adaptación y construcción de resiliencia destaca el Plan Arroyo Miguelete, que incluye medidas como reubicación de asentamientos informales, lugar para cooperativas de recicladores, acciones de infraestructura de saneamiento para evitar la contaminación, rehabilitación de parques lineales, así como rutas vehiculares, ciclistas y peatonales (Goñi *et ál.,* 2019).

Otro ejemplo relevante de adaptación planificada a escala local corresponde al caso de la ciudad de Manizales, departamento de Caldas, Colombia, que ha sido emblemático como ejemplo de buena práctica en la gestión de los desastres naturales, pues al convertir un proceso de adaptación autónoma en uno planificado logró integrar tanto la prevención, atención y recuperación frente a amenazas naturales, principalmente deslizamientos (Londoño, 2007), como la planificación del territorio (PREDECAN, 2009). Además, implementó un mecanismo de aseguramiento voluntario (ver más detalles en la sección **13.7.4** de este mismo capítulo).

Cartagena, una de las ciudades colombianas más vulnerables al incremento del nivel del mar, busca, en cambio, medidas para mitigar sus impactos. Con cooperación holandesa, Cartagena fue parte de un proceso, en 2004 y 2008, de «construcción de capacidades para mejorar la adaptación al rápido aumento del nivel del mar en dos áreas costeras vulnerables en Colombia». Ese fue el punto de partida para el posterior desarrollo de sus lineamientos de adaptación en el marco del proyecto Integración de la adaptación al cambio climático en la planificación territorial y sectorial de Cartagena de Indias, que contó con el apoyo de la Cooperación Internacional de la Alianza Clima y Desarrollo (INVEMAR-MADS-Alcaldía Mayor de Cartagena-CDKN, 2012). Entre las medidas propuestas destacan la necesidad de revertir la ocupación ilegal del espacio y los bienes de uso públicos, apostar por medidas de mitigación de largo plazo, y disminuir la vulnerabilidad en el corto, mediano y largo plazo a través de la reducción de riesgos, la delimitación de zonas de amortiguamiento en zonas identificadas como vulnerables y la adaptación basada en ecosistemas, entre otras. Para ello, plantea incluir medidas de adaptación (y lineamientos ambientales de usos del suelo) en la planificación local y departamental a partir de la revisión de los programas de ordenamiento territorial, así como de los planes de manejo y ordenamiento de cuencas. Además, considera el desarrollo de un plan maestro de drenajes pluviales y alcantarillado público.

En Cuenca (Ecuador), las principales amenazas son las inundaciones y los deslizamientos, estos últimos cada vez más frecuentes conforme la mancha urbana se extiende y ocupa las laderas adyacentes. Pese a ello, hubo que esperar hasta 2015, un año después del lanzamiento del Plan de Acción ICES de Cuenca (parte del proyecto BID-CES), para que el cantón de Cuenca creara la Dirección de Gestión de Riesgos con el fin de reducir la vulnerabilidad de las personas, colectividad y la naturaleza frente a desastres naturales y/o antrópicos. La dirección en cuestión busca implementar un sistema de alerta temprana, incorporar la dimensión climática a la planificación y la gestión de riesgos, fomentar la articulación de instituciones técnicas y científicas, coordinar las instituciones de desarrollo públicas y privadas para reducir las vulnerabilidades, sensibilizar a la población, y promover la cultura del riesgo (Alcaldía de Cuenca, 2015). El cantón, además de sumarse al Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía con su Plan de Acción de Reducción de Huellas de Cuenca (de carbono y agua), también

ha implementado medidas de adaptación basada en ecosistemas a orillas de los cauces de los ríos y ha ampliado la superficie de parques y áreas verdes urbanas en más de 1 millón de metros cuadrados. Se suma, además, el trabajo de la Fundación Barranco en zonas vulnerables periurbanas, tales como Tablón Alto, La Victoria y la Calzada, donde se busca desarrollar proyectos de índole socioeconómica, cultural, medioambiental, de infraestructura y mejoramiento del espacio público con el apoyo de la alcaldía.

En Guayaquil (Ecuador) la experiencia de adaptación ante inundaciones y sus consecuencias es también notoria. En 2012 se ejecutó la ordenanza para el ordenamiento territorial del cantón de Guayaquil, mientras que el municipio creó la Dirección de Gestión de Riesgos y Cooperación. En 2015 se actualizaron la calificación del suelo, el esquema de ocupación y usos del suelo (incluyendo el de conservación y de reserva de expansión urbana), y la estructura vial de la ciudad. Entre los retos clave, como en el grueso de ciudades de Latinoamérica, están los asentamientos irregulares periurbanos. Guayaquil recibe unas 5.000 familias al año de bajos recursos que ocupan de manera irregular entre 150 y 170 hectáreas. Una de las medidas que ha implementado es el establecimiento y capacitación de Comités Comunitarios de Gestión de Riesgos, incluyendo aquellos en sectores periurbanos. Por su parte, el CAF (2017) ha propuesto la necesidad de crear un observatorio cantonal sobre resiliencia y cambio climático, la ejecución de un programa de capacitación y preparación para la gestión de riesgo y la vulnerabilidad climática (proyecto Guayaquil se Prepara), y la planificación resiliente de la ciudad de la mano del fomento de infraestructura verde y azul. Pese a los avances, aún se sabe poco sobre los niveles de seguridad de la infraestructura urbana ante inundaciones, al mismo tiempo que no solo las medidas tomadas a lo largo del río Guayas están lejos de ser uniformes, sino que además el sistema de drenaje pluvial es insuficiente, ya que tiene un periodo de retorno de entre uno y cinco años en ciertas zonas de la ciudad (Stenfert *et ál.,* 2016). A ello se suma una mala gestión de los residuos, lo que afecta al sistema de drenaje (*ibíd.*). Asimismo, se observa que faltan mayores esfuerzos en la reforestación de laderas y bosques, la definición de posibles zonas de inundación o de almacenamiento de agua, el emplazamiento de canales de desagüe hacia el mar o de sistemas de captura de agua de lluvia, en el acceso a servicios financieros para hogares vulnerables o marginados antes de un desastre y a microfinanciación posdesastre, así como en el involucramiento de las cámaras de comercio para respaldar a pequeñas empresas para que continúen operando después de un desastre (Municipio de Guayaquil, 2014; Stenfert *et ál.,* 2016).

En Cuba, donde la franja costera es fundamental desde el punto de vista social, económico y ambiental, el Gobierno ha establecido una alianza con PNUD para apoyar la implementación de las prioridades nacionales ambientales con un enfoque ecosistémico (PNUD, 2009). Se busca así reducir la vulnerabilidad de las zonas costeras ante los impactos del cambio climático y los eventos extremos, protegiendo a la población y el territorio, de manera tal que se puedan seguir produciendo bienes y servicios básicos para el desarrollo socioeconómico (Muñoz, 2013). Dos son los ejes clave para propiciar la adaptación: 1) incrementar la resiliencia de los ecosistemas a partir de un trabajo que, al nivel de comunidades costeras, logre integrar los intereses de una amplia diversidad de actores, y 2) promover la aplicación de soluciones naturales para responder, de manera costo-efectiva, a las amenazas derivadas del cambio climático. Específicamente en el caso de la región Sabana-Camagüey, se consideran aspectos ambientales y climáticos en las políticas de los sectores productivos (como el turismo, donde se busca influir en la planificación y construcción sostenible de infraestructura) y también en el propio ordenamiento territorial (Caille, Ammour y Muñoz, 2011). Ante tal panorama, el rol de los municipios se consolida alrededor de las juntas de coordinación o autoridades para el manejo integrado costero, que tienen atribuciones para el desarrollo territorial. Desde tal esquema, se avanza en la reducción de la vulnerabilidad de 49 asentamientos humanos de las provincias de Artemisa y Mayabeque. Las medidas incluyen la adaptación basada en ecosistemas y la protección tanto de la producción de viandas y hortalizas (que es muy importante para la zona) como de infraestructura productiva.

Finalmente, cabe agregar que en algunos países de Centroamérica y del Caribe se está avanzado en la inclusión de la planificación en la gestión de riesgos de desastres, incluyendo el desarrollo de estrategias financieras de gestión del riesgo para priorizar tanto la respuesta y recuperación a desastres como la reducción de los riesgos. En otros casos, en cambio, el abordaje de los impactos del cambio climático aún sigue realizándose mediante enfoques reactivos o a través de respuestas de emergencia (NIC, 2009; Gencer, 2013).

13.4.3. Actividades de adaptación autónoma

Aunque la adaptación autónoma suele ser complementaria a la planificada, es notorio que en la literatura científica su seguimiento ha sido especialmente débil para el caso de los asentamientos urbanos. Ello no sucede en esa misma intensidad en materia de, por ejemplo, la producción de alimentos y los diversos ajustes que han realizado productores de varias partes del mundo, incluyendo la región RIOCC (ver **Capítulo 7** de este mismo informe).

La escasa bibliografía no debe suponer la ausencia de medidas de adaptación autónoma, sobre todo ante el aumento de los impactos inducidos y agudizados por el cambio climático. En muchas de las ciudades latinoamericanas la población más vulnerable ha tomado medidas simples para evitar que sus casas se inunden o, en su defecto, para aminorar las pérdidas: desde paredes o diques de protección hasta canales improvisados y zonas de inundación/infiltración. También han desarrollado sistemas improvisados de captura de agua de lluvia y de reutilización de agua por la falta de acceso al

líquido de manera regular, entre otras acciones que no suelen ser monitoreadas o, por lo menos, no desde una noción de la adaptación autónoma. En dicho sentido, se puede afirmar que esa es una laguna importante en el conocimiento científico y en los diagnósticos para la toma de decisiones en materia de adaptación a escala local.

Pese a ello, se tienen identificadas algunas acciones. Un caso es el de la comunidad periurbana El Coli en Zapopan, México, un asentamiento de muy alta marginación, expuesto a inundaciones en un contexto de precipitaciones crecientes. Grand y Ramos (2018) develan que las mujeres son las más expuestas y vulnerables, además de los niños. Las acciones implementadas en un contexto de desencanto ante las autoridades que, a decir de los propios habitantes, no toman medidas ante el riesgo al que está expuestos se reducen al uso de sacos rellenos con material de demolición para desviar el agua de sus casas o a elevar sus muebles sobre ladrillos para protegerlos de eventuales inundaciones (*ibíd*).

Otros casos que presentan vulnerabilidades similares solo han logrado un rol limitado de las organizaciones sociales de base, dominando más la toma de medidas autónomas. Este es el caso de Tijuana (México), una ciudad fronteriza altamente vulnerable al cambio climático y con baja cohesión social, producto del fuerte proceso migratorio que fomentó la oferta de empleo por parte de la industria manufacturera establecida bajo los estímulos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (Delgado, 2019-B).

En la comarca de Guna Yala, Panamá, las comunidades isleñas que dependen fuertemente de un turismo que es amenazado por el aumento del nivel del mar y otros fenómenos meteorológicos han planificado una acción preventiva drástica: su reubicación. Para ello han reservado 17 hectáreas de sus propias tierras, ubicadas a 1 kilómetro del puerto de Cartí, con el objeto de desarrollar un nuevo asentamiento al cual se le ha denominado La Barriada. La propuesta tiene consenso, pero algunos, como los habitantes de la isla Mandi Ubggandub, han decidido esperar a ver cuánto tiempo pueden permanecer en sus hogares mientras observan el proceso de reubicación de otras comunidades (Displacement Solutions, 2014). Los eventuales desplazados climáticos suman unas 28.000 personas, además de otras 12.000 que actualmente viven en la Ciudad de Panamá y que podrían instalarse en el nuevo asentamiento (*ibíd.*). Pese a ello, los esfuerzos institucionales para apoyar el desarrollo de una escuela, un centro de salud, caminos y viviendas que impulsarían al nuevo asentamiento no se han logrado concretar (Pressly, 2017).

13.5. Barreras, oportunidades e interacciones

La adaptación, planificada o autónoma, es un gran desafío para las ciudades de Iberoamérica. En general, las deficiencias clave son, por un lado, las limitadas capacidades locales y, por otro, la falta o débil coordinación de los distintos niveles de gobierno y entre distintas dependencias de gobierno, situación que se ahonda cuando los límites del espacio construido desbordan las fronteras administrativas de los gobiernos locales.

Lo dicho es relevante, pues en una fase previa al desastre se requieren directrices de planificación territorial a largo plazo para reducir la exposición y la vulnerabilidad, por ejemplo, que definan áreas excluidas del desarrollo urbano, zonas de amortiguamiento contra incendios forestales o zonas de recarga de acuíferos para enfrentar sequías, entre otras cuestiones. Del mismo modo, es necesario mejorar los sistemas de monitoreo y alerta temprana para hacer frente a eventos de velocidad rápida, como flujos de lodo, deslizamientos de tierra o inundaciones repentinas. En este punto, es esencial articularse con las agencias responsables de la gestión de riesgos tanto a nivel central como a nivel municipal y comunitario.

Para que la gestión de riesgos de desastres sea una tarea realmente efectiva, debe cambiar la percepción que se tiene del riesgo y del desastre como asuntos «extraordinarios», separados de la dinámica socioeconómica y de la planeación del desarrollo, entender que la construcción social del riesgo está determinada por los mismos factores y procesos que generan la vulnerabilidad, pobreza y desigualdad.

Finalmente, en una fase posterior a la emergencia, es necesario mejorar los sistemas de ayuda, la reconstrucción, la recuperación y, sobre todo, aumentar los niveles de resiliencia territorial mediante la educación y la sensibilización de la población y de los responsables de la toma de decisiones, lo que permite enfrentar mejor los impactos del cambio climático. Todo ello requiere de alianzas y trabajo cooperativo y novedoso que permitan afrontar los impactos actuales y futuros del cambio climático de manera integral, incluyendo el diseño de mecanismos de transferencia de riesgo, p. ej., desde esquemas financieros para la adaptación al cambio climático (Munich Climate Insurance Initiative; Climate Insurance, 2019).

En los países RIOCC ya existen avances en ese último sentido, aunque todavía son incipientes. En República Dominicana se prepara, junto con el Banco Mundial, un proyecto de ley que tiene como objetivo crear un Sistema Nacional de Gestión Integral de Riesgos de Desastres (BM-MEPyD, 2015). Esta ley incluye el desarrollo de una estrategia financiera de gestión de riesgo para priorizar tanto la respuesta y recuperación a desastres como la reducción de riesgos.

En México ya se cuenta con ciertas capacidades institucionales y esquemas financieros para el aseguramiento contra fenómenos hidrometeorológicos extremos que pueden ser empleados para reducir las vulnerabilidades de las ciudades ante los impactos del cambio climático, esfuerzo al que se suman otros, como el Programa de Apoyo a la Reducción de Riesgos de Desastres, que operó en el Sureste de México con el apoyo del PNUD para capacitar funcionarios y desarrollar planes de protección civil en 196 municipios rurales y urbanos (PNUD, sin fecha).

El estudio *Análisis y diseño de medidas e instrumentos de respuesta del sector asegurador ante la variabilidad climática y el cambio climático en México* (Aragón-Durand, 2012) diagnosticó los mecanismos de transferencia de riesgos orientados a la reducción de la vulnerabilidad. Encontró que estos mecanismos deben ir acompañados de medidas de gestión y financiación contra riesgos hidrometeorológicos aprovechando las capacidades nacionales y estatales existentes. Propone que los Gobiernos se capaciten para el diseño de pólizas, suscripción y operación adecuada y transparente de seguros contra riesgos hidrometeorológicos y catastróficos, pues se considera que, al fortalecer la adaptación productiva, los seguros pueden traer beneficios adicionales y ayudar a las poblaciones pobres a reducir la vulnerabilidad inducida por desastres. Considerando que los eventos extremos afectan más a los grupos socioeconómicos vulnerables, lo dicho es, pues, relevante y debe considerarse en la generación de estrategias y medidas de adaptación de los asentamientos de la RIOCC en tanto países con porcentajes importantes de población pobre y vulnerable. Teniendo en cuenta la experiencia mexicana, se encontró también que es deseable diseñar y aplicar metodologías para calcular el perfil de daños por fenómenos hidrometeorológicos extremos en ciudades y regiones vulnerables, como son las costeras, para así estimar el impacto de las inversiones en acciones de adaptación. Esto proveerá de información más precisa para que los gobiernos estatales y municipales contraten esquemas de seguros adecuados (Aragón-Durand, 2012).

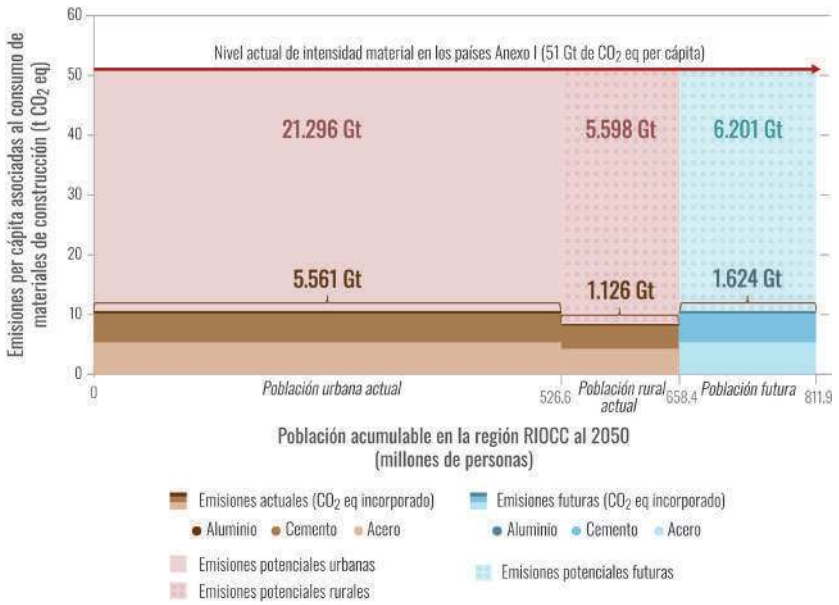


Figura 13.7. Potencial expansión urbana y su huella de carbono en la región RIOCC en 2050. Fuente: elaboración propia sobre estimaciones hechas con base en la metodología empleada por Bai *et ál.* (2018).

A ello se suma la necesidad de identificar y aprovechar las interacciones positivas entre adaptación y mitigación. Las medidas de adaptación y mitigación pueden generar sinergias entre ellas y también contrapartidas. Tales sinergias y contrapartidas se pueden dar entre distintas acciones de adaptación y entre acciones de adaptación y mitigación, y a varios niveles: (1) lo urbano, (2) lo rural, y (3) entre lo rural y lo urbano. Por ello, para potenciar la adaptación de cara a las interacciones entre los ambientes urbanos y rurales, es necesaria una aproximación integral y holística.

La **Figura 13.7** estima, por ejemplo, la dimensión del reto de mitigación en los asentamientos humanos de la RIOCC. La población urbana y rural actual podría emitir hasta 27 Gt de CO_2-eq adicionales en caso de alcanzar un consumo de acero, cemento y aluminio similar al de los países Anexo I(*). El aumento poblacional de 2050 sumará 1,6 Gt si los actuales patrones de consumo de la RIOCC no cambian, pero agregaría hasta 6,2 Gt más de alcanzar el nivel de los países Anexo I. En suma, se podrían emitir hasta 34,7 Gt adicionales de CO_2-eq en 2050, contexto en el que la potencial expansión urbana y el tipo de infraestructura que efectivamente se emplace serán centrales para afianzar el efecto candado a tecnologías y diseños urbanos

(*) *Países del Anexo I de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.*

Nota sobre la ***Figura 13.7.*** *El nivel actual de la huella de carbono asociada al consumo de acero, cemento y aluminio en la región RIOCC podría incrementarse en 33 Gt de CO_2-eq si la infraestructura urbana y rural alcanza el actual nivel de intensidad material que en los países Anexo I para el 2050, esto es, casi cinco veces más que el nivel actual de 6,8 Gt de CO_2-eq. Las estimaciones actuales se basan en emisiones per cápita de CO_2-eq correspondientes al consumo de acero, cemento y aluminio para el año 2015. Las emisiones per cápita promedio asociadas a cada material para el caso de la población urbana de la RIOCC se estimaron en 5,36 toneladas, 4,81 toneladas y 0,41 toneladas de CO_2-eq, respectivamente, mientras que, para el caso de la población rural se han calculado en 4,33 toneladas, 3,88 toneladas y 0,33 toneladas de CO_2-eq, respectivamente (asumiendo un consumo diferencial entre el ámbito urbano y el rural para el caso de los países Anexo I). El consumo promedio de los países Anexo I, que se considera igual para el ámbito urbano y rural, se calculó en 51 toneladas de CO_2-eq para el año 2015. Las estimaciones a 2050 asumen patrones de consumo de 2015. Las emisiones esperadas atribuibles a la población futura (que será toda urbana, pues en términos netos la población rural decrecerá) ascienden a 1,6 Gt de CO_2-eq. Las emisiones de la población futura, en caso de alcanzar el nivel actual de intensidad material de los países Anexo I, sumarían 6,201 Gt de CO_2-eq en 2050. En síntesis, las emisiones adicionales por un aumento en el nivel de intensidad material de la población total actual y futura se estima en 34.679 Gt, cálculo que ya resta 0,04 Gt de CO_2-eq debido a la diferencia de emisiones del consumo de materiales de la población total urbana y rural en 2050 y que resulta, como ya se dijo, de la reducción neta de la población rural.*

de alto carbono y poco resilientes, o bien para transitar hacia escenarios de bajo carbono que contribuyan a disminuir los efectos negativos del cambio climático.

Ante tal panorama, la inversión temprana en adaptación es más que pertinente, pues no solo reduce el riesgo climático, sino que representa un ahorro de gasto futuro. Así ha sido reconocido en el ámbito político de, por ejemplo, Florida, EE. UU., donde a propósito de la Ley Nacional de Mitigación de Desastres se estimó que un dólar gastado en adaptación temprana ahorra hasta cuatro posteriormente si se consideran las pérdidas económicas derivadas de los desastres y los costos de limpieza y de reconstrucción (NIBS, 2005). Por ello, el tipo y diseño de expansión del suelo construido, así como la inversión en adaptación en los asentamientos humanos son dos cuestiones que van de la mano y, de hecho, que habrán de plantearse de manera integral tanto por cuestiones de eficiencia económica como de reducción de efectos socioambientales indeseados.

El aprovechamiento de la reconversión progresiva del ambiente construido, tanto urbano como rural, para que atienda ambas metas, la adaptación y la mitigación, de modo simultáneo y aprovechando todas las sinergias positivas y cobeneficios posibles (Bai *et ál.,* 2018), sugiere ser la vía más deseable de acción, siempre y cuando se parta de reconocer las asimetrías sociales y espaciales imperantes propias de la región RIOCC y se geste por la vía de la colaboración y el estímulo al desarrollo de capacidades locales para la coproducción de soluciones integrales. Y es que, como bien advierten Pelling y Garschagen (2019), más allá de medidas basadas en infraestructura y tecnologías, debe atenderse y trabajar con y para las poblaciones más vulnerables. La escala local en dicho emprendimiento es clave, pero la adaptación debe alinearse con lo nacional y global, pues es ahí donde también se definen, en uno u otro grado, los marcos regulatorios, las normas y estándares, así como la política económica y de cooperación, entre otros aspectos. Por ello, para Pelling y Garschagen (2019), es deseable: a) invertir en las relaciones de tal suerte que se avance en la coproducción de conocimiento, b) apoyar la innovación local, y c) medir el éxito en términos de su impacto en los más vulnerables, lo que supone reducir la pobreza y la desigualdad. Por todo ello, el avance simultáneo de la agenda de prevención de desastres, de adaptación y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es posible y deseable, contexto en el que las potenciales sinergias y contraprestaciones deben ser identificadas, tal y como se muestra en la **Figura 13.8.**

13.6. Indicadores sobre la efectividad de la adaptación en asentamientos humanos

En los países RIOCC de Latinoamérica, una de las principales limitaciones se asocia a la ausencia de información robusta y consistente a escala local, una situación que es sin duda expresión de la carencia o debilidad de capacidades a dicha escala que impacta en la viabilidad de evaluación y monitoreo de políticas y acciones de cara a los efectos del cambio climático (CAF, 2013). Lo dicho no solo comprende datos e indicadores relacionados con las dinámicas de lo local, sino también con la misma modelación del clima y las implicaciones esperadas. En la región RIOCC tal tipo de información es, por lo general, inexistente, con rangos importantes de incertidumbre y con un bajo impacto en el proceso de toma de decisiones y diseño e implementación de acciones. Desde luego hay excepciones en países como España, Brasil o Chile.

A lo hasta ahora dicho se suma la innegable limitación al acceso y disponibilidad de financiación, crédito e inversión para acciones de adaptación (incluyendo el acceso a tecnologías y *know how*). Lo dicho es sobre todo observable para el caso de aquellas medidas con resultados de mediano y largo plazo, que son más difíciles de capitalizar políticamente, de justificar presupuestalmente, o bien que, por su propia naturaleza, son difíciles de medir.

Las inversiones de adaptación, para ser económicamente eficientes en relación con los resultados obtenidos, terminan priorizando los espacios o actores que hacen posible las mayores economías de escala, es decir, los grandes asentamientos urbanos o actores productivos del campo. Tal situación es indeseable, sobre todo de cara al ascendente rol que jugarán las pequeñas y medianas ciudades en el futuro.

En todo caso, aun cuando las medidas de adaptación planificadas sean más eficientes y costo-efectivas que las no planificadas, no dejan de tener limitaciones, en particular en lo que respecta a las estructuras operativas que requiere su implementación. Ante ello, no es inesperado el ascenso de medidas autónomas de adaptación en espacios geográficos que no han sido típicamente prioritarios para los gobiernos locales y que, por tanto, presentan una considerable deuda social. El empuje coordinado de medidas planificadas y autónomas de adaptación puede, sin embargo, potenciar avances positivos.

Es, pues, en esta realidad particular y compleja de la región donde debe mirarse la dificultad que, en términos generales, presentan la medición y monitoreo de resultados, pues al carácter intrínsecamente multifacético y multidimensional de la adaptación y la resiliencia que dificulta la definición de las líneas base y las metas se suma el reto de estandarizar, sistematizar, sintetizar y agregar métricas apropiadas de evaluación a escala local de manera robusta, comparable y transparente (PNUMA, 2017). Además, como ya se dijo, la efectividad de la adaptación en asentamientos humanos debe medirse en términos de la mejora concreta de las poblaciones más vulnerables y no meramente de estadísticas promedio (Pelling y Garschagen, 2019).

13.7. Casos de estudio

En la **Figura 13.9** se presenta una caracterización breve de los casos de estudio que se desarrollan a continuación.

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Red de monitoreo meteorológico.	○	●	●	●	●	○	●	13	1 4
Sistema de alerta temprana, planes de contingencias y refugios.	○	○	○	○	●●	○	○	11	1 4
Atlas de riesgo.	○	●●	●	○	●●	●	○	11	1
Atención y/o relocalización de población vulnerable.	●	○	○	○	●	○	○		2
Vigilancia epidemiológica.	○	○	●	○	●●	○	●	3 11	1 3
Inclusión de la adaptación en el ordenamiento territorial y contención de la mancha urbana.	●●	●	●	○	●	○	●	11	2 3 4
Coordinación intersecretarial, sectorial y con actores no gubernamentales.	●	●	●●	●	●●	○	●●	11 13 17	1 2 4
Construcción de capacidades locales y cumplimiento del marco regulatorio.	●	●●	●●	●	●●	○	●●	5 11 13 16 17	1 2 4
Inclusión de la dimensión de género y de grupos prioritarios en las acciones adaptativas.	●	●	●●	●●	●●	●●	●●	5 10 16	4
Subsidios, financiamiento y alianzas público-privadas.	●	●●	●●	●	●●	●	●●	8 11 13 17	2
Transferencia de riesgo y aseguramiento.	○	○	○	○	●	●●	○	5 10 17	3
Drenaje pluvial y otra infraestructura hidráulica.	●	●	●	●	●●	●	●●		3
Infraestructura verde, renaturalización y huertos urbanos.	●	●●	●●	●	●	●	●	6 9 11	3

Figura 13.8. Interacciones en el ámbito de los asentamientos urbanos y rurales entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. *(Continúa en la página siguiente).*

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Recuperación o regeneración de servicios ecosistémicos.	●	●	●	●	●	●	●		3
Agua regenerada o cosecha de lluvia.	·	·	●	·	·	●	●		3
Intervenciones para mitigar el efecto isla de calor.	●	·	·	·	●	·	●		
Infraestructura de protección.	●	●	·	·	·	·	●		3
Comunicación del riesgo y cultura de la adaptación.	·	●	●	·	●	·	●		1 3 4

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (·) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo). Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[3] Prioridades del Marco Sendai: 1 comprensión del riesgo de desastres; 2 fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; 3 invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar la resiliencia; 4 mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):


ODS-1, erradicación de la pobreza;


ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;


ODS-3, salud y bienestar;


ODS-4, educación de calidad;


ODS-5, igualdad de género;


ODS-6, agua limpia y saneamiento;


ODS-7, energía limpia y asequible;


ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;


ODS-9, infraestructura de innovación;


ODS-10, reducir las desigualdades;


ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;


ODS-12, producción y consumo responsables;


ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;


ODS-14, vida en el agua;


ODS-15, vida terrestre;


ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;


ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

Figura 13.8. Interacciones en el ámbito de los asentamientos urbanos y rurales entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia. *(Continuación).*

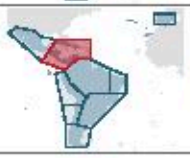
Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Estrategias desarrolladas en el marco del programa 100 Ciudades Resilientes.	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, España, México, Panamá, Portugal, República Dominicana, Uruguay			Local/municipal		Local/municipal, subnacional, nacional, supranacional
Plan de contingencia barrial de respuesta temprana ante inundaciones.	República Dominicana			Local/municipal		Local/municipal, subnacional
Gestión de riesgo de inundaciones – AlertaBlu.	Brasil			Local/municipal		Local/municipal, subnacional, nacional
Sistemas de captación de agua de lluvia en la CDMX.	México			Local/municipal		Local/municipal
Manizales.	Colombia			Local/municipal		Local/municipal, subnacional



Figura 13.9. Caracterización de los casos de estudio (asentamientos urbanos y rurales).

13.7.1. Estrategias desarrolladas en el marco del programa 100 Ciudades Resilientes

13.7.1.1. Resumen del caso

La Fundación Rockefeller junto con la consultora Arup ejecutó el programa 100 Ciudades Resilientes, desde el cual ambas instituciones propiciaron el diseño y toma de medidas para que las ciudades se adaptasen y transformasen de cara a los efectos del cambio climático y de otros fenómenos adversos. El programa fomentó desde 2013 la institucionalización de una oficina de resiliencia en el 80 % de las ciudades participantes, así como el desarrollo de una estrategia de resiliencia en el 70 % de los casos. Además, para dar seguimiento de las acciones propuestas, desarrolló el Índice de Ciudades Resilientes (CRI por sus siglas en inglés). La

Fundación Rockefeller estima que el programa canalizó 12,5 millones de dólares en soluciones *pro bono,* herramientas y servicios, además de una inversión para el desarrollo de las agendas de resiliencia de las ciudades miembro de unos 25.400 millones de dólares. De la región RIOCC participaron 18 ciudades, de las cuales 16 publicaron su estrategia de resiliencia antes del cierre del programa en julio de 2019.

13.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

Considerando la necesidad de avanzar hacia ciudades cada vez más resilientes, el programa de la Fundación Rockefeller planteó «… fortalecer la capacidad de sobrevivir, adaptarse y crecer sin importar el tipo de estresores crónicos e impactos agudos que se experimenten» (en Delgado, 2019b). Si bien el programa no se enfocó exclusivamente a la adaptación climática, múltiples acciones para la resiliencia sin duda la enriquecen.

13.7.1.3. Descripción del caso

Las agendas de resiliencia desarrolladas por las ciudades de la RIOCC partícipes en el programa incluyen varias medidas que inciden en la adaptación. Algunas se centran en la vulnerabilidad física, mientras que otras dan cuenta del rol de los agravantes socioeconómicos, lo que a su vez resulta en medidas diferenciadas de adaptación duras, blandas o verdes.

Por lo general, los principales riesgos identificados se asocian a inundaciones, olas de calor y la propagación de vectores infecciosos, contexto en el que las asimetrías socioeconómicas se reconocen como una cuestión clave. De ahí que en Salvador (Brasil) se subraye la necesidad de integrar la agenda de adaptación y resiliencia en la planeación económica y social del municipio. Las medidas que más se repiten en los diferentes casos se refieren a la adaptación basada en ecosistemas, el avance de la infraestructura verde, la mejora y expansión de la infraestructura hidráulica —incluyendo la actualización de planes hidráulicos y el estímulo a los sistemas de captación de agua de lluvia—, la implementación de sistemas de alerta temprana entre otras actuaciones de prevención y gestión del riesgo, la inclusión de nociones de resiliencia y adaptación en la planificación urbana, así como el fomento a la participación informada de la sociedad.

Otras acciones que caracterizan las agendas específicas de las ciudades partícipes son, para el caso de Buenos Aires (Argentina), la conformación de un fondo de contingencia, la preparación frente a riesgos y la formación de un centro único de coordinación y control. En el caso de Cali (Colombia) destacan la conformación de un observatorio socioambiental y la construcción de una sala de crisis frente a desastres. En Ciudad Juárez (México) se propone desarrollar una agenda ambiental y se trabaja en un plan de acción climática municipal. De manera similar sucede en Santa Fe (Argentina), donde la agenda de resiliencia ha derivado en esfuerzos paralelos para elaborar un Plan de Acción frente al Cambio Climático y la Reducción de Riesgos de Desastres. En esta misma ciudad se señala también la apuesta por la economía verde y circular. En Santiago de los Caballeros (República Dominicana) la agenda de resiliencia ha favorecido el proceso de elaboración de un plan municipal de ordenamiento territorial con un enfoque de gestión de riesgos, así como de un programa de acción inmediata ante emergencias para el control y mitigación de desastres naturales.

13.7.1.4. Limitaciones e interacciones

Las medidas propuestas muestran el carácter multidimensional de la acción climática y la agenda de resiliencia. Ambas pueden interactuar positivamente, pero también entrar en tensión. Esto ocurre con las metas de mitigación y resiliencia, pues, por ejemplo, la apuesta por una redundancia de los sistemas (de agua, energía, etcétera) contradice su eficiencia. Lo mismo sucede con el emplazamiento de aquella infraestructura que promueve dinámicas poco sustentables y que afianza o profundiza las desigualdades.

La experiencia del programa corrobora que la voluntad y los tiempos políticos, las inercias y prácticas arraigadas en las instituciones, así como las condiciones socioeconómicas de cada caso son elementos que pueden condicionar el grado de éxito de las estrategias planteadas y, aún más, de la coordinación concreta de acciones puntuales para los casos que así idealmente lo demandan, como el espacio urbano binacional de El Paso (EE. UU.)-Ciudad Juárez (México), ambas ciudades partícipes del programa y que, sin embargo, no lograron coordinarse. Otras limitaciones tienen que ver con la carencia de fuerza legal de por lo menos las estrategias de Santiago de Chile y la CDMX, y en general del carácter aspiracional de las medidas propuestas y de la dependencia de la disponibilidad de financiación y de las coyunturas políticas.

13.7.1.5. Lecciones identificadas

Además del aprendizaje experimentado en y desde cada una de las ciudades, la red de oficinas y practicantes encargados de las estrategias de resiliencia es valiosa tanto para la cogeneración de conocimiento y soluciones escalables y costo-eficientes como para estimular el diálogo desde lo local y hasta lo global en torno a la relevancia de la acción informada y coordinada. En dicho contexto se reconoce, entonces, que el programa ha sido una oportunidad para, «… incorporar la riqueza del pensamiento de la resiliencia al diálogo sobre la mitigación y la adaptación del cambio climático» (100 Resilient Cities, 2019: 126).

13.7.2. Plan de contingencia barrial de respuesta temprana ante inundaciones en Las Terrenas (República Dominicana)

13.7.2.1. Resumen del caso

El caso de Las Terrenas, una urbanización desordenada e informal, muestra cómo desde la escala del barrio se puede articular un plan de respuesta temprana a inundaciones. La experiencia desvela la relevancia de ordenar y planificar el territorio, de mejorar y expandir la infraestructura, y de profundizar las acciones de sensibilización en el contexto de una continua colaboración entre los actores institucionales y sociales.

13.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

La población urbana del municipio de Las Terrenas padece un alto riesgo y vulnerabilidad frente a inundaciones causadas por los eventos extremos que impactan al país. El carácter predominantemente informal exacerba tal vulnerabilidad debido a la carencia de servicios públicos, en concreto de agua, drenaje, saneamiento y recogida adecuada de residuos. Las lluvias intensas hacen de las calles verdaderos canales de drenaje, generando escorrentías e inundaciones en los barrios aledaños a las avenidas principales. Debido a tal situación y ante la recurrencia de desastres con importantes afectaciones a los medios de vida de una población que, además, no suele ser propietaria de la tierra, surgió la necesidad de establecer un plan de contingencia de respuesta temprana.

13.7.2.3. Descripción del caso

De cara al escenario arriba descrito y mediante la articulación de diversos actores sociales, la población de Las Terrenas logró desarrollar un Plan Barrial de contingencia para la respuesta temprana a las inundaciones (Fundación Plenitud, 2017). El plan comprende un conjunto de acciones para mejorar las condiciones de vida y optimizar los servicios de respuesta por parte de las comunidades que viven cerca de humedales y bulevares, incluyendo su capacitación. Las medidas incluyen la mejora del servicio de agua potable y saneamiento, la mitigación de las inundaciones urbanas y costeras y de la erosión de playas, el control de vectores infecciosos, y el desarrollo de capacidades en torno a la formulación de planes de gestión de riesgo escolares con la participación de cuatro escuelas y centros de estudios politécnicos.

El reto, por su propia naturaleza, demandó la coordinación de actores diversos, especialmente de los barrios que ocupan la ribera de los ríos Las Terrenas y Cano Seco, contexto en el que la actuación de los líderes comunitarios, a través de los centros religiosos, fue clave para alcanzar la participación, involucramiento y confianza de parte de la población. Asimismo, fue de gran importancia el acompañamiento del gobierno municipal en las reuniones con líderes comunitarios al habilitar las condiciones necesarias para desencadenar la elaboración conjunta del plan barrial en cuestión (Fundación Plenitud, 2017). El caso devela que la coproducción de conocimiento y soluciones es sin duda alguna un aspecto crucial para el avance exitoso de medidas de adaptación en asentamientos marginales e informales.

13.7.2.4. Limitaciones e interacciones

Los planes de reducción de riesgos a nivel barrial implementados buscan crear o aumentar la resiliencia de las familias vulnerables ante los impactos de las inundaciones. Esto conlleva un proceso de aprendizaje para todos los actores involucrados que permite replicar la metodología en otros barrios y municipios, tomando en cuenta las circunstancias y particularidades locales y del entorno.

La capacidad de la comunidad para responder o recuperarse de un desastre depende del nivel de preparación, es decir, del grado de organización social y de construcción de capacidades logrado.

A pesar de la notable experiencia, aún falta desarrollar un plan de ordenamiento territorial y una campaña de mayor sensibilización y capacitación de las poblaciones vulnerables. También se necesita equipar mejor al ayuntamiento para que pueda responder con efectividad a los problemas, en particular al de la basura, que sigue siendo todo un reto.

13.7.2.5. Lecciones identificadas

La preparación para las emergencias en caso de inundaciones es una responsabilidad compartida por el sector público, el sector privado y las organizaciones sin ánimo de lucro, y también por los barrios y ciudadanos. La planeación barrial en Las Terrenas es una oportunidad para avanzar no solo hacia una noción preventiva del riesgo, sino además hacia una planeación participativa que logre integrar nociones de adaptación y construcción de resiliencia urbana, lo cual aún es una tarea pendiente.

13.7.3. Gestión de riesgo de inundaciones en Blumenau, Santa Catarina (Brasil)

13.7.3.1. Resumen del caso

Blumenau ejemplifica una experiencia exitosa, institucionalizada y cada vez más articulada ante inundaciones repentinas y frecuentes, situación que demanda integrar de manera pun-

tual la agenda del riesgo con la de la adaptación climática. El caso ilustra el potencial que puede tener la experiencia en la gestión del riesgo en el avance exitoso de capacidades conjuntas de adaptación al cambio climático tanto a nivel local como de cuenca. Igualmente revela que dicho potencial depende de la continuidad de una robusta gobernanza climática-ambiental y del desarrollo de capacidades.

13.7.3.2. Introducción de la problemática del caso

En Blumenau son frecuentes las inundaciones. Estas pueden ser repentinas y con origen en las aguas que provienen del mismo municipio. Por sus dimensiones y duración, los impactos se limitan a algunos barrios expuestos. También se verifican inundaciones por el desbordamiento de los cuerpos de agua de la cuenca hidrográfica del río Itajaí que cubre un área de 15.500 km^2 y cuya duración suele ser de dos días o más (Aragón-Durand, 2014). La primera inundación de la que se tiene registro tuvo lugar en septiembre de 1880 y alcanzó 14,6 m s.n.m. Treinta y un años más tarde, hubo otra que alcanzó 16,27 metros m s.n.m.; las inundaciones se repitieron en 1983 y 1984, y la quinta inundación de grandes proporciones ocurrió en noviembre de 2008. Los costos asociados y la pérdida de vidas humanas han sido elevados (*ibíd;* Frank, 2008).

13.7.3.3. Descripción del caso

Como resultado de la necesidad de enfrentar y recuperarse de los impactos generados por fenómenos hidrometeorológicos, Blumenau se ha visto forzada a establecer una gestión del riesgo basada en el trabajo conjunto de instituciones académicas, gobierno y ciudadanía (Frank, 2008). La experiencia de la ciudad es precisamente reconocida por sus capacidades institucionales en la gestión del riesgo, basadas en la integración de esfuerzos de organismos estatales, como la Secretaría de Defensa Civil de Santa Catarina —creada en 1973 y transformada a rango de secretaría en 2011— y el Centro Integrado de Meteorología y Recursos Hídricos, con los de entidades locales, como la Coordinación Regional de Blumenau, la Dirección de Prevención, la Dirección de Respuesta a los Desastres o la Fundación Universidad Regional de Blumenau.

Los primeros pasos en torno al Plan de Contingencias por Inundaciones de 1984 se centraron en un análisis detallado de los registros históricos de desastres locales. También se desarrolló un sistema de alerta temprana, ya operativo desde 1984 con 16 estaciones telemétricas, observadores, nueve radios UHF y un Centro de Operación del Sistema de Alerta (CEOPS). Posteriormente se sumó el Sistema de Monitoreo de Eventos Extremos de Blumenau, AlertaBlu, a cargo de la prefectura de la ciudad y Defensa Civil de Blumenau (AlertaBlu, 2019), el cual se enfoca en escorrentías en las microcuencas y en los deslizamientos de tierra en la localidad. El CEOPS, en cambio, monitorea inundaciones en toda la cuenca de Itajaí. Para su cometido, AlertaBlu desarrolla un plan anual de contingencias de inundaciones y deslizamientos en el que detalla los actores y procesos de actuación ante la eventualidad de desastres, ofrece previsiones a 15 días, un sistema en tiempo real de monitoreo y alerta temprana, así como una lista actualizada de la ubicación y contacto de refugios disponibles en las 5 áreas y 60 zonas de refugio civil en las que se organiza la actuación de la Defensa Civil de Blumenau (Aragón-Durand, 2014).

Asimismo, se sumaron acciones de emplazamiento de infraestructura para mitigar las inundaciones (represas, drenaje pluvial, etcétera), también de restauración ecológica y más recientemente de ordenamiento territorial (aunque aún de modo incipiente). También se impulsaron acciones de participación social, capacitación y educación para la prevención. En ese contexto, el estado de Santa Catarina creó el Comité de la Cuenca Hidrográfica del Valle del Itajaí, el cual, además de ser un espacio de participación ciudadana, también coordina hasta la fecha proyectos educativos y formativos para la protección de la cuenca, incluyendo la restauración de los bosques ribereños. Desgraciadamente el comité no ha logrado tener la suficiente influencia en la gestión de riesgo a inundaciones en Blumenau (*ibíd.*).

13.7.3.4. Limitaciones e interacciones

En Blumenau, la falta de constancia en las medidas y políticas públicas efectivas puede perjudicar la gestión del riesgo de inundaciones debido a que se puede interrumpir la continuidad, además de provocar efectos inadvertidos y no deseados. El caso de Blumenau enseña que la gestión del riesgo y el avance de medidas de adaptación pueden fortalecerse si se hacen de manera coordinada y a múltiples escalas, esto es, en el plano local y a nivel de cuenca. Dadas las limitaciones de incidencia de los comités de cuenca, se advierte la necesidad de que esos sean fortalecidos de tal suerte que puedan intervenir en la toma de decisiones y contribuir a la resolución de conflictos y a la gobernabilidad de la ciudad frente a las inundaciones (Frank y Sevegnani, 2009).

Por otro lado, de acuerdo con la experiencia del Comité de Cuenca del Itajaí, se debe considerar que las intervenciones en los cursos de agua y planicies adyacentes pueden incrementar el riesgo de inundaciones. Por tanto, la reducción del riesgo de inundaciones centrada en el ordenamiento territorial y en la conservación de los ecosistemas forestales debe ser reforzada (Aragón-Durand, 2014). Como la capacidad técnica de los municipios es baja, el trabajo conjunto mediante asociaciones intermunicipales o de comités de cuenca hidrográfica se ha mostrado promisorio a medida que tales órganos son impulsados por los gobiernos estatal y central. Se trata de una coordinación que habría de ser permanentemente fortalecida. Igualmente, es necesario que los ciudadanos y los organismos de representación civil se empoderen más para que se construya una cultura robusta de compromiso y acción, medida que demanda programas

de educación en todos los niveles de la enseñanza formal y no formal, incluyendo a los gestores. Tal educación habría de orientarse al conocimiento de la cuenca y microcuencas, red de interacciones ecológicas y humanas con implicaciones en la prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación de las inundaciones (*ibíd.*).

13.7.3.5. Lecciones identificadas

La gestión de riesgo de inundaciones en Blumenau se da en el contexto amplio de la cuenca hidrográfica del río Itajaí. Esto implica la conservación amplia de la cobertura forestal, recuperación y protección de la vegetación protectora de los cursos de agua y manantiales como medio para proteger a las poblaciones, las actividades económicas, la biodiversidad, además de ayudar a estabilizar los cursos de agua: es decir, el mantenimiento de los servicios ambientales (Frank y Sevegnani, 2009). Tales medidas, por tanto, abonan la agenda de adaptación.

Y es que la gestión integral del riesgo a inundaciones y deslaves de largo aliento se beneficia del avance de mejores sistemas de alerta temprana, del fomento de medidas estructurales coordinadas y de acciones formativas y educativas, pero aún más de la planeación e inclusión de dicha gestión en el propio ordenamiento territorial. Las tecnologías de información que incluyen los servicios de internet han probado su eficacia en la coordinación de tareas de mitigación de daños y reducción de la vulnerabilidad en las poblaciones más expuestas al riesgo (*ibíd.*).

El sistema AlertaBlu es una herramienta conocida y empleada por las dependencias públicas, sectores privados, instituciones académicas y habitantes en general para llevar a cabo tareas de preparación y evacuación en caso de inundaciones. Es también una vía para sensibilizar a la sociedad en materia de cambio climático y sus impactos para así estimular acciones incrementales de adaptación y mitigación.

13.7.4. Acciones para reducir la vulnerabilidad y la inseguridad hídrica de los más pobres en Ciudad de México (CDMX): la captación de agua de lluvia en viviendas

13.7.4.1. Resumen del caso

Bajo el lema «Nuestra lluvia, nuestra agua», el gobierno de la CDMX (2018-2024) ha diseñado un programa para la implementación de hasta 100.000 sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL). Se trata de una medida de adaptación que, al enfocarse en viviendas con precariedad hídrica, puede tener implicaciones en mitigación y construcción de resiliencia urbana, además de múltiples impactos sociales y económicos positivos. Los principales retos, sin embargo, son la financiación y la apropiación social de las intervenciones.

13.7.4.2. Introducción a la problemática del caso

Ante la creciente explotación de los recursos hídricos y la ineficiencia de los sistemas de agua en múltiples ciudades de la región RIOCC, pero también de cara a los impactos del cambio climático que pueden modificar la disponibilidad futura de agua y aumentar la frecuencia e intensidad de las inundaciones, escorrentías y movimientos de masa, el manejo sustentable del agua a nivel de cuencas a la par del avance de ecotécnicas —como los sistemas de captura de agua de lluvia— son medidas de adaptación que cada vez más se vuelven cruciales. La captación de agua de lluvia en contextos urbanos es una práctica poco documentada y aparentemente aún limitada en la región RIOCC, contexto en el que destaca el programa del gobierno de la Ciudad de México, particularmente por su dimensión, características y especificidad a la escala de vivienda urbana. Otros casos en la RIOCC son el programa «Lluvia para la Vida» en Colombia (que en el mes de junio de 2019 ya había beneficiado a 5.200 hogares de 79 municipios), así como las intervenciones en Cataluña, por ejemplo, en el Jardinet del Pedró, el conjunto residencial Can Cortada o en San Cugat del Vallès, cuyas casas con áreas verdes de más de 300 m^2 deben estar equipadas con SCALL. También están las regulaciones brasileñas que promueven el uso racional del agua mediante sistemas de captura de agua, entre otras medidas, por ejemplo, en Curitiba (ley municipal 10.785 de 2003), São Paulo (ley municipal 14.018 de 2005) o Campinas (ley municipal 12.474 de 2006).

En contraste con el ámbito urbano, se verifican múltiples iniciativas de captura de agua en asentamientos rurales, como las que se enmarcan en los programas «Un millón de cisternas» y «Una tierra y dos aguas» en el semiárido brasileño, entre otras más en Michoacán, Querétaro, Zacatecas o Guanajuato (México), Coquimbo, O'Higgins o Maule (Chile), Guanacaste (Costa Rica) y Ramón Villa (Argentina).

13.7.4.3. Descripción del caso

La CDMX vive bajo estrés hídrico. El acuífero de la ciudad está sobreexplotado y más de la tercera parte del agua debe ser importada de cuencas vecinas: la del Lerma y Cutzamala (SEDEMA, 2019b). Tanto el agua subterránea como la importada demandan cantidades importantes de energía para su bombeo, lo que se traduce en emisiones de GEI del orden de 0,298 y 0,349 gramos de CO_2eq por litro (Delgado y Blanco, 2017). Debido a la sobreexplotación del acuífero del Valle de México y a terremotos, se verifican subsidencias del suelo, lo que afecta a la infraestructura hídrica e incrementa las fugas más allá de las que son producto de

la falta de mantenimiento (se estima que se pierde entre el 35 y el 40 % del agua; *ibíd.*). A lo dicho se suma, el desigual acceso al servicio de agua potable, que se traduce en consumos promedio de más de 500 litros al día en alcaldías como Cuajimalpa y de 200 litros al día en Xochimilco (*ibíd.*; Kimmelman, 2017). Por otro lado, hay una falta de acceso al servicio público de agua por parte de 319.826 personas (SEDEMA, 2019b), además de que la tercera parte de la población tiene servicio tan solo durante algunas horas a la semana, situación que podría aumentar al 55 % de la población en el 2025, cuando, según se prevé, solo el 28 % de los usuarios tendría un servicio «aceptable» (Delgado y Blanco, 2017). A este panorama se suman los impactos esperados del cambio climático: periodos de sequía más largos y de lluvias más intensas en ciclos más cortos. Las inversiones necesarias para la renovación y mejora de la infraestructura de la CDMX se han estimado en 4.500 millones de pesos en los próximos 60 años, sin que ello necesariamente cierre las brechas existentes y garantice el derecho humano al agua de toda la población de la CDMX.

Frente a esta situación, el gobierno de la CDMX (2018-2024) definió dar un fuerte impulso a los SCALL sobre la base de una década de experiencias en alcaldías como Tlalpan, Xochimilco e Iztapalapa. El programa comprende una meta de 100.000 sistemas SCALL en seis años y una población beneficiada de alrededor de medio millón de habitantes. De enero a noviembre de 2019 se habían ya instalado 9.502 SCALL en dos alcaldías, Iztapalapa y Xochimilco (ver **Figura 13.10**). Considerando que el programa se expandirá a otras demarcaciones, puede argumentarse que se trata de una aproximación a un reto climático-ambiental que busca soluciones espacialmente integradas, y no acciones que, aunque valiosas, no permiten avanzar hacia una genuina transformación urbana con justicia y equidad, como los subsidios a ecotecnologías o la regulación de edificaciones nuevas. Esas medidas no cierran necesariamente las asimetrías que caracterizan el espacio urbano de los países en desarrollo, pues para su avance se requiere de un cierto nivel de formalidad e ingresos.

El programa es de carácter social, por lo que los SCALL y su instalación son gratuitos siempre y cuando los potenciales beneficiarios estén en situación de precariedad hídrica, cumplan con ciertas cuestiones técnicas básicas, demuestren interés y se capaciten en el manejo y mantenimiento del sistema. Esto último ha permitido que en el 85 % de los casos los sistemas hayan sido efectivamente adoptados. El programa busca impactar positivamente en la disminución de los flujos de agua a los drenajes (disminuyendo el impacto de eventuales inundaciones), en la reducción en el consumo de energía y, por tanto, en la mitigación de emisiones de GEI, en el aumento del suministro vía el autoabastecimiento, así como en la recuperación del acuífero de la ciudad. Si se instalan los 100.000 SCALL, se puede estimar de manera preliminar la captación anual de unos 2,49 millones de m^3 de agua apta para consumo humano, asumiendo 65 m^2 de superficie de captación por sistema (Capital Sustentable, 2019), aunque todo dependerá de la capacidad de los sistemas de almacenamiento de agua. De captarse tal volumen, se reduciría en esa misma dimensión la presión sobre el sistema de drenaje de la CDMX ante precipitaciones intensas. Además, se podría evitar la emisión de entre 742.000 y 870.000 toneladas de GEI al año si tal suministro fuese por medio de la red de agua potable (cálculo basado en emisiones actuales del sistema de agua de la CDMX, según Delgado y Blanco, 2017).

Por otro lado, este sistema tiene implicaciones importantes en el gasto asociado al servicio público de agua, registrándose casos en Iztapalapa de una reducción del 90 % del gasto durante los meses de captura y disponibilidad de agua del SCALL. Considerando que el 70 % de los beneficiarios son hasta ahora mujeres, el programa influye directamente en la reducción de los tiempos que usualmente las mujeres dedican a su consecución en viviendas con alta precariedad hídrica para acceder al líquido. El programa también ha estimulado la generación de empleos verdes, en especial vía pequeñas empresas asociadas a la instalación de los sistemas, pero también de promotores del programa, los cuales deben conocer las áreas de operación o, mejor aún, ser residentes.

13.7.4.4. Limitaciones e interacciones

Más allá de las interacciones que ya han sido en su mayoría descritas previamente, entre las limitaciones principales está la financiación, pues tan solo en el primer año de operación se requirieron poco más de 10 millones de dólares (200 millones de pesos; SEDEMA, 2019b). Dado que el programa opera en zonas marginadas, el fenómeno de informalidad y de la autoconstrucción de viviendas es común. Tal situación ha puesto en el centro aspectos de gobernanza informal de los predios, sobre todo aquellos compartidos por varias familias, pues puede ser una limitación para el éxito del programa. Al mismo tiempo, tal informalidad abre la oportunidad de fomentar la interacción y cooperación de la gente local, lo que en principio es beneficioso a la hora de atender otros problemas sociales —como la inseguridad—, además de sentar las bases para avanzar en la construcción de soluciones climático-ambientales territorialmente localizadas.

Por otro lado, ha de reconocerse que la captura de agua de lluvia en viviendas con precariedad hídrica es una medida que debe ir acompañada de intervenciones que busquen incidir en el comportamiento de otros usuarios que no solo tienen acceso al líquido, sino que presentan patrones de consumo mucho más elevados.

13.7.4.5. Lecciones identificadas

El programa es reciente, pero al basarse en más de 10 años de experiencia en la CDMX, se ha identificado que uno de los aspectos centrales para que los SCALL tengan éxito es que los beneficiarios realmente necesiten agua y que, en consecuencia, exista el compromiso genuino de capacitarse

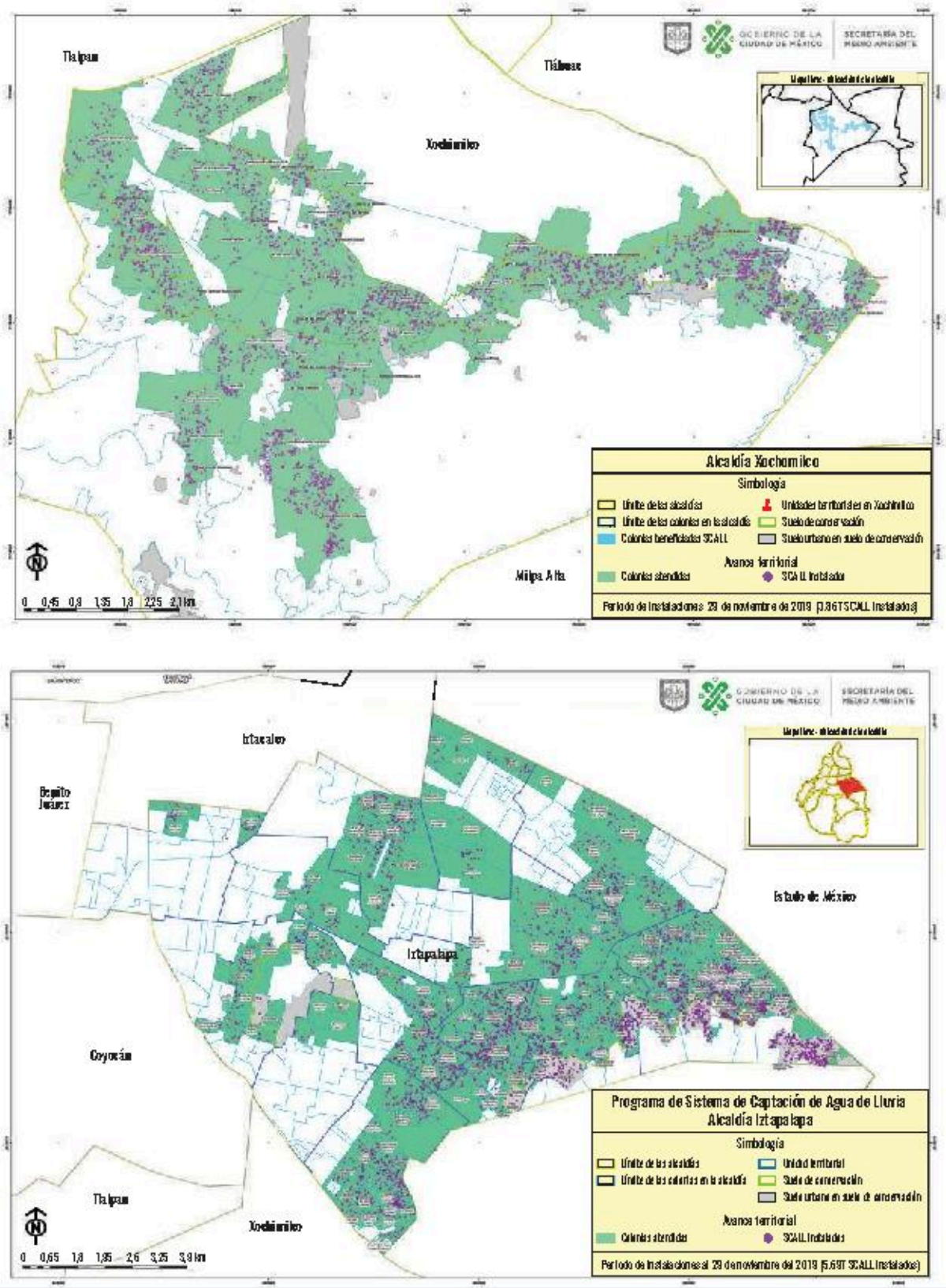


Figura 13.10. Impacto espacial del programa SCALL de la CDMX. Fuente: SEDEMA, 2019; Gobierno de México, 2019 b.

y darles mantenimiento permanente. La puesta en marcha del programa ha sido un reto logístico, pero al mismo tiempo ha desvelado vetas de oportunidad para el fomento de cooperativas o micro y pequeñas empresas que pueden abonar el avance del programa y la creación de empleos verdes, sea en los servicios de instalación o venta de insumos para el mantenimiento de los SCALL, o en servicios relacionados, como los de plomería.

Asimismo, se observa la necesidad de avanzar en la generación de datos de seguimiento y evaluación cada vez más precisos de tal suerte que se pueda comprobar la dimensión de los impactos sociales, ambientales y climáticos del programa.

13.7.5. Manizales (Colombia), de la adaptación autónoma a la planificada

13.7.5.1. Resumen del caso

El caso de Manizales (más información en **Capítulo 11** de este mismo informe) demuestra cómo la ciudad ha logrado transitar de un escenario de alto riesgo a deslaves a una situación de reducción y manejo del riesgo a partir de diversos mecanismos, desde el ordenamiento territorial y el aseguramiento hasta la incorporación de medidas de adaptación autónoma como parte de una agenda de gestión integral del riesgo que abre paso a una agenda local de adaptación planificada y participativa.

13.7.5.2. Introducción a la problemática del caso

Manizales, emplazada en el municipio de Caldas, es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. Con una población de casi 400.000 habitantes, su economía depende fuertemente de las actividades agrícolas, sobre todo de la siembra de café. El espacio construido donde reside el grueso de la población, localizado a 2.100 m sobre el nivel del mar, en una zona montañosa de topografía escarpada, con fallas geológicas y suelos no consolidados, ha llegado prácticamente a sus límites de expansión, lo que obligadamente ha empujado un proceso de densificación que incorpora el manejo del riesgo y la prevención de desastres. La zona sufre de una variabilidad del clima asociada al fenómeno de El Niño y La Niña, que se ha traducido en eventos de precipitación extrema que recurrentemente generan el desbordamiento de ríos, inundaciones y deslaves (alrededor de 15 eventos al año en promedio). La destrucción antrópica del suelo, incluyendo su sellamiento por el asfaltado, incide en que los impactos se agudicen en una región de progresivo deterioro de las condiciones socioeconómicas de la mayoría de la población. A lo dicho se suma tanto la reducción de la cobertura de hielo del Nevado de Ruiz como el riesgo de erupción volcánica, un fenómeno que se vivió en 1985 y que arrasó la ciudad de Armero, dejando unos 25.000 muertos.

13.7.5.3. Descripción del caso

Derivado de lo antes descrito, se conformó el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Para la década de 1990, el municipio comenzaría a desarrollar una política medioambiental que incorporó de lleno la evaluación de riesgos a desastres asociados al crecimiento urbano. El proceso, resultado de un acercamiento entre la academia y la esfera de tomadores de decisiones, se conocería como Biomanizales y tomaría cuerpo en el denominado Bioplan, el plan de acción de dicha política ambiental (Hardoy y Velásquez, 2016). Acompañando de manera transversal tal plan se sumó, por un lado, un plan local de gestión de riesgos y, por otro, una ley de ordenamiento territorial que se articula con los instrumentos ambientales y el análisis integral de cuencas hidrográficas (Rugiero, 2017). Destaca la medida de aseguramiento colectivo implementada desde 1999, que, a través del aseguramiento voluntario de predios de altos ingresos, logra extender la cobertura a predios de bajos ingresos.

Además de importantes esfuerzos de ordenamiento del territorio, de procesos de reubicación de población que habita zonas de alto riesgo, del mejoramiento de la infraestructura básica y de los servicios públicos, y de proyectos de estabilización del suelo que han transformado lugares de alto riesgo en zonas de «riesgo mitigable», donde se permite la construcción siguiendo determinados criterios, también se formalizó la actuación (hasta entonces autónoma) que las Guardianas de la Ladera realizaban desde 2003 (*ibíd.;* Giraldo, 2006). Se trata de una estrategia de la Alcaldía de Manizales y la Corporación Autónoma Regional de Caldas en alianza con la academia y el sector empresarial para fomentar la conservación de la vegetación en laderas de alto riesgo, el manejo de canales de desagüe, el seguimiento de los trabajos de estabilización de laderas, la notificación de problemas y cambios del uso del suelo, la actualización del registro de familias y viviendas en zonas de alto riesgo y la promoción de procesos de concienciación de la población (*ibíd.*). Reconociendo a las mujeres como actores centrales (CORPOCALDAS, CDC, 2006), el proyecto incluye su capacitación, abriendo así posibilidades de empleo de medio tiempo para un sector usualmente marginado como son las madres de familia, al mismo tiempo que habilita procesos de empoderamiento social y arraigo territorial con el propósito de reducir el riesgo. En ese mismo sentido, se ha convertido a las Guardianas de la Ladera en actoras relevantes en la concienciación y educación sobre el riesgo al integrarlas curricularmente en los centros educativos de Manizales. La figura de las Guardianas de la Ladera ha permitido un uso más eficiente de los recursos, ampliar la cobertura al total de zonas en riesgo y disminuir el nivel de riesgo de la población, aunque evidentemente no lo ha eliminado.

13.7.5.4. Limitaciones e interacciones

El proceso, que ha tenido sus altibajos, recientemente incorporó a su agenda las implicaciones del cambio climático

para una zona de por sí vulnerable y que ha experimentado importantes impactos derivados de lluvias intensas tanto en 2003 como en 2012 y 2017.

Debido a las características biofísicas de Manizales, y también al tipo de urbanización del lugar, la gestión del riesgo se torna solo «mitigable». Tal situación se traduce en todo un reto, sobre todo cuando la ciudad está experimentado un rápido crecimiento, particularmente sus zonas de asentamientos irregulares (BID, 2013b). De todos modos, el caso de Manizales no deja de ser de vanguardia a nivel nacional e internacional. De hecho, aunque en 2017 presentó afectaciones importantes por inundaciones y deslaves, al mismo tiempo Mocoa, con características diametralmente opuestas en cuanto a la planeación y gestión del riesgo de inundaciones y deslaves, se tornó en todo un desastre (Decreto de desastre municipal 599; Decreto de estado de emergencia nacional 601 y 606; Decreto de calamidad pública departamental 068 y municipal 056). Tal desastre ocurrió por una combinación de factores. Por un lado, los de tipo biofísicos, como los efectos previos de El Niño que redujeron la cobertura vegetal, la intensidad de las precipitaciones, así como las características geomorfológicas del suelo (Cheng *et ál.,* 2018). Por otro lado, por la falta de una cultura de reducción del riesgo y prevención, pero sobre todo de gestión de los desastres, situación que derivó en la continuidad durante un año adicional del estado de emergencia debido a que se consideraba que aún no estaban dadas «las condiciones para el retorno a la normalidad» (Presidencia de la República, 2018).

13.7.5.5. Lecciones identificadas

Debido a la alta vulnerabilidad de la ciudad, tal y como advierte el Plan de Desarrollo 2016-2019 de Manizales, es necesario continuar de manera «progresiva y creciente» con las acciones de prevención e intervención, incluyendo programas de mejoramiento integral del entorno, las acciones de Guardianas de la Ladera, la reubicación de las familias de alto riesgo, la transferencia del riesgo mediante la adquisición de pólizas (programa de seguro colectivo y aseguramiento de infraestructura pública), y la mejora de la reacción ante emergencias de parte de los organismos de las entidades de gobierno (Alcaldía de Manizales, 2016: 136-137). Para ello, se planteó formular un plan municipal de gestión del riesgo de desastres para 12 años (*ibíd.*).

13.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

La adaptación tiene sus límites, por lo que debe tenerse en cuenta que los caminos existentes de desarrollo no sustentable pueden acelerar transformaciones forzadas indeseables tanto de los entornos urbanos como de los rurales. En el contexto del cambio climático, la transformación es un proceso complejo que puede operar a nivel personal, político y práctico (organizativo e institucional) (O'Brien y Sygna, 2013) impulsado por la búsqueda de mejores oportunidades o por la realización de los límites inminentes o inevitables.

Los enfoques de transformación en la adaptación deben ir más allá de ajustes en una gestión de la respuesta a los impactos del clima y promover cambios estructurales profundos que modifiquen las condiciones sociales que crearon la vulnerabilidad en las esferas social, económica y cultural de las comunidades en una primera instancia (Pelling, 2010). Los cambios estructurales requieren cuestionar la gobernabilidad y la desigualdad, y demandan que los responsables de las decisiones y las políticas reconozcan la necesidad de buscar resultados de adaptación justos y socioecológicamente deseables. Por tanto, involucrar a la población como sujetos o agentes de cambio es una cuestión crítica para alcanzar la meta de 1,5 ºC, en oposición a tratar a las personas como objetos que deben ser cambiados (O'Brien, 2018).

La gobernanza de la adaptación al cambio climático demanda la conformación de un nuevo modelo de relación entre ciudadanos y gobierno que reconozca y establezca un vínculo entre patrones de desarrollo (es decir, prosperidad), reducción de la vulnerabilidad y estrategias de adaptación (Magrin *et ál.,* 2014).

Si bien en la región RIOCC se verifican avances importantes, aunque desiguales, en materia de adaptación, siguen siendo limitados aquellos que se han pensado y diseñado específicamente para atender a las complejidades y la diversidad que caracterizan a los asentamientos urbanos y rurales, sobre todo en los países de Centroamérica, el Caribe, Bolivia, Paraguay y Venezuela. En muchos casos, los avances logrados en lo local son resultado de medidas o acciones pensadas desde lo internacional, lo nacional y lo subnacional, con excepción de las grandes ciudades de la región. En tales casos, se puede sostener que en buena medida sí lideran el proceso de adaptación y construcción de resiliencia a escala local.

A pesar del generalizado reconocimiento de la adaptación a escala local, es necesario avanzar y coordinar aún más los esfuerzos, así como estimular medidas en aquellos asentamientos vulnerables de pequeño y mediano tamaño donde usualmente todavía no se integra la adaptación a la política de planeación local, sea por omisión o por retos y carencias en capacidades endógenas o de financiamiento.

Por ello, es deseable propiciar un mayor dinamismo en los esfuerzos para la adaptación a escala local, incluyendo la generación y sistematización de conocimiento, la articulación de políticas y acciones, la construcción de capacidades locales, la concertación de actores y el fomento de la participación ciudadana y, más aún, de la coproducción de conocimiento. También resulta central avanzar en lo referente a la financiación, monitoreo y verificación de avances logrados en la adaptación de los asentamientos urbanos y rurales,

en la implementación de mecanismos de transferencia del riesgo, así como en las vías de cooperación supranacional, tales como los que se desarrollan desde la Asociación de Estados del Caribe para la reducción del riesgo de desastres (AEC, 2012), los de la Comunidad Andina para la adaptación en comunidades rurales que dependen de los glaciares en los Andes tropicales (Comunidad Andina, 2020) o los que emanan del propio Parlamento del Mercosur (2018) con el propósito de introducir la formulación y articulación de estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático.

No sobra advertir que muchas de las iniciativas enunciadas en planes y programas de gobierno, como los descritos a lo largo de este capítulo, no necesariamente se consolidan en la práctica. La brecha entre lo enunciado y lo efectivamente logrado debe evaluarse identificando los obstáculos junto con los elementos y actores que permiten acelerar la toma de medidas y acciones.

13.9. Conclusiones

El diseño de políticas y la toma de medidas y acciones para la adaptación no pueden esperar; hacerlo ahondaría el riesgo y los potenciales costos de mediano y largo plazo. La actuación a escala local es, sin embargo, contextual, pues depende de las características biofísicas de cada caso, y también de las dinámicas políticas, económicas, sociales y culturales. Por ello, además de aprovechar las nuevas tecnologías para la evaluación de riesgos, el modelado e incluso desarrollo de potenciales soluciones, es imprescindible reconocer el carácter multidimensional de la vulnerabilidad, lo que obliga a trabajar no solo en medidas de adaptación dura o verde, sino especialmente en aquellas blandas.

Es deseable que en el avance de la gobernanza climática se consoliden la participación social y la conformación de redes de trabajo o plataformas de conocimiento locales y/o regionales que informen y propicien la interacción entre la academia, la sociedad civil, los diversos niveles de gobierno, las instancias supranacionales y el sector privado y (Bai *et ál.,* 2018; Delgado, Van Staden y Villaseñor, 2018). Las asociaciones y gremios a nivel municipal tienen un rol fundamental en crear estos espacios para el diálogo y aprendizaje, y por tanto son actores relevantes para informar y participar en la planeación e investigación sobre las opciones de adaptación a nivel local. Ello es doblemente relevante para el caso de los asentamientos urbanos cuya extensión no necesariamente responde a las demarcaciones administrativas, una situación que apela a la coordinación y cooperación.

Las redes nacionales y globales de ciudades habilitan el valioso ejercicio de intercambiar experiencias y facilitar el aprendizaje entre ciudades como mecanismo para conformar un espacio político que pueda contribuir a la obtención de financiación y a la definición de la agenda de adaptación, no solo en las ciudades, sino también a nivel regional. En ese sentido, es recomendable que en las ciudades de los países RIOCC se promuevan y fortalezcan estas redes de modo que puedan ser autónomas de las agendas de los Gobiernos nacionales y funjan como mecanismos para acelerar la transición hacia una política climática más contextual, es decir, que reconozca las necesidades locales de la adaptación (y la mitigación).

Si bien la adaptación a escala local en la región RIOCC ha avanzado, el camino acaba de comenzar. Muchos gobiernos locales aún no implementan medidas proporcionales a la dimensión de los impactos actuales y esperados del cambio climático (IPCC, 2018). Regiones como Centroamérica y países como Bolivia y Paraguay presentan los mayores retos por delante tanto biofísicos como de capacidades para emprender acciones significativas y proporcionales a los impactos esperados.

Los avances importantes que algunos países verifican, por ejemplo, al impulsar la actuación de entes subnacionales o intermunicipales que coordinan esfuerzos de los gobiernos y otros actores locales (en muchas ocasiones con el apoyo de actores o redes internacionales de pares) pueden ayudar a cerrar la brecha entre unos y otros asentamientos, como se dijo, compartiendo experiencias, apoyo técnico o de otra índole. En dicho contexto, es fundamental buscar un balance de las sinergias y planeación en la distribución de los cobeneficios derivados de medidas duras de adaptación, y también reconocer que existen potenciales contrapartidas, no únicamente entre la mitigación y la adaptación, sino además entre diversos actores locales. Reconocer estos balances y facilitar que sean aceptadas pérdidas o costos a corto plazo a cambio de soluciones sustentables a largo plazo tendrán cada vez mayor importancia a la hora de asegurar rutas exitosas de transición hacia escenarios resilientes y de bajo carbono.

La oportunidad de avanzar aún más en la adaptación se visualiza cuando esta se introduce en la planeación misma de las agendas de desarrollo, una vía que permite vincular las agendas de acción ante el cambio climático con las de resiliencia al tiempo que habilita identificar con mayor fineza las posibles contrapartidas (Meerow *et ál.,* 2016). Uno de los mayores desafíos, sin embargo, tiene que ver con la gobernanza, específicamente con la falta de capacidades robustas a escala local y, en su caso, de continuidad de los esfuerzos emprendidos.

La atención de problemas urgentes, como la seguridad pública o la atención de eventuales crisis sanitarias, puede ser una oportunidad para impulsar intervenciones integrales o para reducir las vulnerabilidades que experimentan de manera diferenciada tanto los asentamientos urbanos y rurales como su población.

Preguntas frecuentes

1. ¿Qué diferencias existen entre la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático?

Mientras que la gestión de riesgo de desastre (GRD) tiene su origen en la política de protección civil (a veces denominada de prevención de desastres), la adaptación al cambio climático (ACC) se ha concebido como parte de la política ambiental al tratar con los impactos del cambio climático. La GRD caracteriza a los fenómenos naturales extremos como fenómenos perturbadores y se interesa en comprender su evolución, comportamiento e impactos socioeconómicos tanto a escala local como regional y nacional. La ACC trata con la variabilidad climática y con los potenciales impactos a mediano y largo plazo a escala local. El énfasis que ha tenido la GRD ha sido en la atención a emergencias después de ocurrido el desastre y a la restauración de la infraestructura y condiciones de vida de los afectados. Por su parte, la adaptación al cambio climático se enfoca en la reducción de la vulnerabilidad de la gente y sus sistemas de vida. Aún no ha sido comprobada su efectividad debido a la incertidumbre inherente del cambio climático, a la complejidad de los procesos de desarrollo socioeconómico y a dificultad en la atribución de sus efectos. Es común que, cuando se habla de adaptación al cambio climático, se identifique con las medidas de reducción de riesgo de desastres, ya que se asume, en algunos casos, que los desastres de origen hidrometeorológico tienen su origen en el cambio climático. En general, en los países RIOCC la protección civil se ha convertido en una política de Estado debido a la larga historia de incidencia de los fenómenos extremos de origen natural y antropogénico en las poblaciones, mientras que la política de adaptación, si la hay, suele no permear lo suficiente como para concebirla como política de Estado. El grado de transversalidad de la política de adaptación suele ser aún limitado, y la coordinación de las agendas de protección civil, adaptación y, en su caso, de resiliencia es en la práctica igualmente insuficiente.

2. ¿Cuáles son los impactos del clima extremo a escala local?

El cambio climático ha incrementado el riesgo de ciertos tipos de fenómenos meteorológicos extremos. Estos se han incrementado en frecuencia, magnitud e intensidad, como por ejemplo, periodos de lluvia prolongados o lluvias torrenciales de corta duración; ambos casos suelen derivar en inundaciones con implicaciones diversas. También incide en la frecuencia e intensidad de otros fenómenos, como huracanes, con impactos severos en asentamientos costeros. Las olas de calor y sequías tienen afectaciones graves, como la escasez de agua, la mala calidad del aire (asociado a la incidencia de incendios), el confort térmico urbano y daños en la salud. Las implicaciones del aumento del riesgo afectan a los asentamientos humanos de distinta manera tanto en la integridad ecosistémica urbana como en lo referente al funcionamiento adecuado de infraestructura, tal y como sucede con la distribución de energía eléctrica en contextos de extremos térmicos. Asimismo, se incrementan las afectaciones a infraestructura diversa, sea de servicios públicos, viviendas, escuelas e instalaciones médicas. La planeación de los asentamientos humanos puede propiciar usos del suelo y prácticas económicas y sociales que contribuyan a reducir la vulnerabilidad al cambio climático a mediano y largo plazo.

3. ¿Cuáles son los sectores más vulnerables a los impactos del cambio climático en Latinoamérica?

En Latinoamérica el sector agrícola ya ha sido impactado por sequías, inundaciones y temperaturas excesivas. El alto nivel de vulnerabilidad de este sector tiene importantes implicaciones en los asentamientos rurales, los cuales, además de ser más vulnerables, pueden ver reducida su capacidad de resiliencia en el mediano y largo plazo. En asentamientos urbanos, donde se concentra la mayor parte de población de la región RIOCC, las poblaciones pobres son las más vulnerables debido a que sus capacidades de respuesta están limitadas por el difícil acceso a recursos, activos y opciones, y por estar económicamente condenadas a vivir en zonas ambientalmente frágiles e inseguras, lo que incrementa su riesgo a fenómenos hidrometeorológicos extremos. La región ha avanzado en el fortalecimiento de las instituciones y de sus capacidades para enfrentar los impactos de desastres, reparar la infraestructura que envejece y gestionar la insustentabilidad hídrica. Un sector que por su naturaleza es vulnerable es el turismo, ya que depende directamente de las condiciones climatológicas que se pueden manifestar en incremento en el nivel del mar y huracanes. El sector transporte también es vulnerable a lluvias extremas e inundaciones para su operación y mantenimiento. El cambio climático ya es una variable importante que considerar cuando se planifican las redes de transporte.

4. ¿Por qué los asentamientos urbanos son importantes en la adaptación al cambio climático en los países RIOCC?

Dado que la mayoría de los riesgos climáticos se concentran en los asentamientos urbanos y dado que estos son los que concentran la mayoría de la población, recursos, infraestructura, equipamiento y sistemas de información de los países de la región RIOCC, es muy relevante diseñar políticas urbanas y construir capacidades adaptativas que no solamente reduzcan las distintas vulnerabilidades, sino también contribuyan a la resiliencia urbana. El cambio climático provocará impactos profundos y severos en los sistemas urbanos como el hidráulico, energético, saneamiento, transporte, telecomunicaciones y servicios de salud y de emergencia, entre otros. Además, los impactos derivados del cambio climático podrán tener efectos negativos en los asentamientos rurales. Considerando

que el proceso de urbanización en la región RIOCC aún continuará, sobre todo en los países con mayor población rural, como Guatemala, Honduras, Nicaragua o Paraguay, es muy importante concebir los asentamientos urbanos como clave en la adaptación de los países de la región RIOCC sin descuidar la adaptación de los asentamientos rurales. Las oportunidades y opciones de adaptación regional provendrán, en gran medida, de la dinámica urbana. Cabe mencionar que las sinergias entre adaptación y mitigación serán cada vez más evidentes e importantes en las ciudades.

5. ¿Por qué es importante el conocimiento local para la adaptación al cambio climático?

El conocimiento local permite corroborar e ilustrar, con cierto grado de detalle, los impactos del cambio climático. Facilita reconocer sus impactos en grupos vulnerables e identificar las capacidades existentes y necesarias y, por tanto, puede informar la planificación de acciones de adaptación a medio y a largo plazo a nivel nacional, subnacional y local por parte de gobiernos, organizaciones de la sociedad civil e incluso del sector privado. Particularmente, puede promover los derechos de los pueblos indígenas u originarios y resaltar sus perspectivas locales. Asimismo, el conocimiento local de las comunidades indígenas, por ejemplo, expresa visiones del mundo distintas a la «moderna», creencias y percepciones que dan formas variadas a la percepción del riesgo climático. El conocimiento local resignifica el cambio climático en función de los distintos tipos de riesgo que las poblaciones tienen que enfrentar, lo que está condicionado por factores socioeconómicos y culturales. En los asentamientos rurales el conocimiento local juega un papel central en la adaptación basada en ecosistemas, tal y como se reconoce y promueve formalmente en Ecuador y Guatemala.

6. ¿Qué rol tiene el aprendizaje social en la adaptación al cambio climático?

El aprendizaje social tiene su potencial en las relaciones sociales, y entre ellas es donde reside un poder para la toma de decisiones sobre las opciones de adaptación deseables. Este proceso deriva en un incremento de la capacidad de adaptación de las comunidades, particularmente de aquellas que cuentan con limitados recursos, por lo cual la acción colectiva puede facilitar medidas de adaptación. Especial atención requieren las zonas periurbanas, sin que ello signifique desatender los retos que afrontan los asentamientos rurales y urbanos, cada uno con sus particularidades, capacidades y retos. El aprendizaje compartido acerca del éxito de tales o cuales medidas de adaptación en contextos físicos, socioeconómicos y culturales similares también es relevante para potenciar la resiliencia de los asentamientos urbanos y rurales, sobre todo en un contexto en el que el tiempo para la acción es cada vez más reducido. En tal sentido, la conformación de redes de gobiernos locales a escala subnacional, nacional o internacional es de particular importancia.

Agradecimientos

Agradecimientos a Rodrigo Muñoz Montiel por el diseño gráfico de las **Figuras 13.1, 13.2, 13.3, 13.5, 13.6** y **13.7.** Asimismo, a Leticia Gutiérrez Lorandi, del Gobierno de la Ciudad de México, por facilitar datos y mapas relacionados con el avance de implementación del programa SCALL de dicha ciudad.

Bibliografía

100 Resilient Cities, 2019: *Resilient Cities, Resilient Lives. Learning from the 100RC Network,* http://100resilientcities.org/wp-content/uploads/2019/07/100RC-Report-Capstone-PDF.pdf

AdaptaClima, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, http://gvces.com.br/adaptaclima

AdaptaLocal, 2018a: *Plan local de adaptación al cambio climático de Siruela.* Badajoz, España, http://proyectoadapta-local.dip-badajoz.es/wp-content/uploads/2018/07/PLAN-DE-ADAPTACIÓN-SIRUELA.pdf

AdaptaLocal, 2018b: *Plan local de adaptación al cambio climático de Tamurejo.* Badajoz, España, http://proyectoadapta-local.dip-badajoz.es/wp-content/uploads/2018/07/PLAN-DE-ADAPTACION-TAMUREJO.pdf

Adaptecca, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, www.adaptecca.es/sectores-y-areas/medio-urbano

AEC, 2012: *Riesgo Urbano.* Documento de concepto de proyecto. ACS/2012/DRR.20/WP.002, www.acs-aec.org/sites/default/files/riesgo_urbano_0.pdf

Alcaldía de Cuenca, 2015: «Conocimiento de la resolución suscrita por el Ing. Marcelo Cabrera Palacios, alcalde de Cuenca, mediante la cual se crea la Dirección de Gestión de Riesgos del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón de Cuenca», oficio n.° 521, 18 de febrero, www.cuenca.gob.ec/?q=content/5-conocimiento-de-la-resoluci%C3%B3n-suscrita-por-el-ing-marcelo-cabrera-palacios-alcalde-de

Alcaldía de Managua, 2017: *Proyecto del Plan Maestro para el Desarrollo Urbano del Municipio de Managua en la República de Nicaragua. Informe Final.* Kisho Kurokawa-Nippon Koei Co-JICA, http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/12291662_01.pdf

Alcaldía de Manizales, 2016: *Plan de Desarrollo 2016-2019. Manizales más oportunidades.* Manizales, Colombia, www.manizales.gov.co/RecursosAlcaldia/201605021636516132.pdf

Aldunce, P., R. Borquez, C. Adler, G. Blanco, y R. Garreaud, 2016: Unpacking resilience for adaptation: incorporating practitioners' experiences through a transdisciplinary approach to the case of drought in Chile. *Sustainability,* 8(9), 905.

Alliance México, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, http://iki-alliance.mx/portafolio/gobernanza-transformativa-catalizando-las-coaliciones-urbanas-para-conducir-la-transformacion-sistemica-hacia-la-sostenibilidad

Almeyra, G., L. Concheiro Bórquez, J.M. Mendes Pereira y C. Walter Porto-Gonçalves, 2014: *Capitalismo: tierra y poder en América Latina (1982-2012),* vols. I, II y III. UAM-X/CLACSO, México.

Andersen, L.E., D. Verner y M. Wiebelt, 2017: Gender and Climate Change in Latin America: An Analysis of Vulnerability, Adaptation and Resilience Based in Household Surveys. *Journal of International Development,* 29(7), 857-826.

Andrade, H., 2017: Mapeamento das políticas estaduais de adaptação das ciudades às mudanças climáticas no Brasil. *Revista de Geografia Acadêmica,* 11(2), 24-49.

APdA (Agencia Portuguesa do Ambiente), 2017: *7th National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change.* Amadora, Portugal.

Aragón-Durand, F., 2014: *Inundaciones en zonas urbanas de cuencas en América Latina.* Soluciones prácticas, Zurich. Piura, Perú, www.preventionweb.net/files/ 42393_ 42393inundacionesenzonasurbanasdecu.pdf

Aragón-Durand, F., 2012: *Análisis y diseño de medidas e instrumentos de respuesta del sector asegurador ante la variabilidad climática y el cambio climático en México.* PNUD, SEMARNAT-INE, CDMX, México.

Aragón-Durand, F. y Delgado Ramos, G.C., 2019: *Integración del enfoque de cambio climático en los Lineamientos hacia la Sustentabilidad Urbana.* SEMARNAT-GIZ, CDMX, México.

Aragón-Durand, F. y G.C. Delgado Ramos, 2016: Mexico City. En: *Cities on a Finite Planet: transformative responses to climate change* [Bartlett, S., y D. Satterthwaite (eds.)]. Routledge, Londres, Reino Unido/Nueva York, EE.UU.

Audefroy, J. y B. Sánchez, 2017: Integrating local knowledge for climate change adaptation in Yucatan, Mexico. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), 228-237.

Ayuntamiento de Madrid, 2016: *Madrid + Natural. Adaptación al cambio climático basada en la naturaleza.* Ayuntamiento de Madrid/Arup, www.arup.com/-/media/arup/files/publications/m/madridnaturaleng.pdf

Ayuntamiento de Madrid, 2017: *Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático.* Madrid, España, www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/CalidadAire/Ficheros/PlanAireyCC_092017.pdf

Ayuntamiento de San Sebastián, 2017: *Plan de Adaptación al Cambio Climático de Donostia/San Sebastián, PACCDONOSTIA.* Gobierno Vasco, www.donostia.eus/ataria/documents/8023875/8050879/PLAN+DE+ADAPTACION.pdf/76c5886d-4e96-4310-b3a1-05f530087599

Ayuntamiento de Zaragoza, 2018: *Estrategia de cambio climático, calidad del aire y salud de Zaragoza. ECAZ 3.0.* Zaragoza, España, www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/agenda21/ECAZ3.pdf

Bahadur, A. y T. Tanner, 2014: Policy climates and climate policies: analyzing the politics of building urban climate change resilience. *Urban Climate,* 7: 20-32.

Bai, X., R. Dawson, D. Ürge-Vorsatz., G.C. Delgado, A.B. Salisu, S. Dhakal, D. Dodman, L. Leonardsen, V. Masson-Delmotte, D. Roberts y S. Schultz, 2018: Six research priorities for cities and climate change. *Nature,* 555, 23-25.

Baker, J., 2012: *Climate change, disaster risks, and the urban poor: cities building resilience for a changing world.* Banco Mundial, Washington DC, EE.UU.

Banco Mundial y GFDRR, 2016. *Disaster Risk Management in the Latin American Region – Country Notes.* Washington DC, EE.UU.

Banco Mundial/MEPyD (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo), 2015: *Gestión financiera y aseguramiento del riesgo a desastres en República Dominicana.* Washington DC, EE.UU., http://documentos.bancomundial.org/curated/es/115161468179340561/pdf/101133-SPANISH-WP-P128311-PUBLIC-Box393259B.pdf

BID, 2014: *Integración de la gestión de riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en la inversión pública.* IDB-TN-725, https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6778/NT-%20Integración %20de %20la %20Gestión %20de %20Riesgo %20de %20Desastres %20y %20la %20Adapatción %20al %20Cambio %20Climático %20en %20la %20Inversión %20Pública %20 %28v1 %29_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BID, 2013a: *Integración de la Gestión de Riesgo de Desastres y la Adaptación al Cambio Climático en la Inversión Pública, Centroamérica.* Nota técnica IDB-TN-509. Socio-Economic Database for Latin America and the Caribbean.

BID, 2013b: *Plan de Acción Manizales.* Bogotá, Colombia, www.manizales.gov.co/RecursosAlcaldia/201505291418448411.pdf

Birkmann, J., T. Welle, W. Solecki, S. Lwasa y M. Garschagen, 2016: Boost resilience of small and mid-sized cities. *Nature*, 537(7622), 605-608, http://dx.doi.org/10.1038/537605a

CAF, 2014: *Vulnerability Index to Climate Change in the Latin American and Caribbean Region,* www.caf.com/bitstream/handle/123456789/509/caf-vulnerability-index-climatechange.pdf

C40 Cities, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, www.c40.org

CAF, 2013: *Programa de Adaptación al Cambio Climático.* Banco de Desarrollo de América Latina, http://publicaciones.caf.com/media/37041/cambio-climatico.pdf

Caille, G., T. Ammour y M. Muñoz Campos, 2011: *Proyecto PNUD/GEF Sabana-Camagüey*. Informe final. La Habana, Cuba.

Campos, M., D. Herrador, C. Manuel y M. McCall, 2013: Adaptation strategies to climate change in two rural communities in Mexico and El Salvador. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles,* 61, 433-436.

Capital Sustentable, 2019: *Calculadora para el aprovechamiento de lluvia.* Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://capitalsustentable.shinyapps.io/calculadora

Carro, I., L. Seijo, G. Nagy, X. Lagos y O. Gutiérrez, 2018: Building capacity ecosystem-based adaptation strategy to cope with extreme events and sea-level rise on the Uruguayan coast. *International Journal of Climate Change Strategies and Management,* 10(4), 504-522.

CAS, 2019: *Climate Adaptation Santiago.* Sitio web consultado en diciembre de 2019, www.ufz.de/climate-adaptation-santiago/index.php?es=19724

CCRIF, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, www.ccrif.org

CEPAL, 2015: *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible.* Santiago de Chile, Chile, http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656_es.pdf

Cheng, D., Y. Cui, F. Su y C. Choi, 2018: The characteristics of the Mocoa compound disaster event, Colombia. *Landslides*, DOI: 10.1007/s10346-018-0969-1

Citibanamex, 2018: *Índice de Ciudades Sostenibles 2018.* CDMX, México, www.banamex.com/compromiso-social/pdf/ResumenEjecutivo2018.pdf

CITMA, 2016: *Enfrentamiento al Cambio Climático en la República de Cuba. Tarea Vida.* La Habana, Cuba.

Climadapt Local, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, http://climadapt-local.pt/emaacs

Climate Insurance, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, www.climate-insurance.org

Comunidad Andina, 2020: *Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropiales - PRAA.* Sitio web consultado en mayo de 2020, en: http://www.comunidadandina.org/cooperacion_praa.aspx

CORPOCALDAS (Corporación para el Desarrollo de Caldas), 2006: *Guardianas de la Ladera: un programa de cultura ciudadana en la prevención del riesgo.* Convenio interinstitucional Alcadía de Manizales, Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS, CDC. Manizales, Colombia.

Cremers, L., J. Kolen y M. de Theije (eds.), 2013: *Small-scale gold mining in the Amazon. The cases of Bolivia, Brazil, Colombia, Peru and Suriname.* CEDLA, Ámsterdam, Países Bajos.

Cruz, M.C., 2016: Agricultura urbana en América Latina y el Caribe. Casos concretos desde la mirada del buen vivir. *Nueva Sociedad.* Documentos Agricultura y Alimentos, http://nuso.org/media/documents/Ma_Caridad_Cruz.pdf

Dasgupta, P., J.F. Morton, A. Aggarwal, N. Chhetri, T. Cull, J.G. Feres, J. Haggar, G. Hutchinson, F. López-i-Gelats, M. Mills-Novoa, N. Nawn, C. Norman, A. Scheba y T. Tanaka, 2014: Rural Areas. En: *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU., 613-657.

De Jesús, V., 2019: El agua regresará y también los espacios simbólicos estarán a salvo. *Granma,* 23 de mayo, www.granma.cu/cuba/2019-05-23/el-agua-regresara-y-tambien-los-espaciossimbolicos-estaran-a-salvo-23-05-2019-22-05-34

Decidim Barcelona, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, www.decidim.barcelona/?locale=es

Delgado Ramos, G.C., 2019a: Real Estate Industry as an Urban Growth Machine: A Review of the Political Economy and Political Ecology of Urban Space Production in Mexico City. *Sustainability,* 11(7), 1980, DOI: 10.3390/su11071980

Delgado Ramos, G.C., 2019b: *Asentamientos urbanos sustentables y resilientes: retos y oportunidades para la transformación urbana en California y Baja California.* CEIICH, UNAM. CDMX, México.

Delgado Ramos, G.C., 2017a: Del extractivismo minero en México, la defensa del territorio y las alternativas. *Voces en el Fénix,* 8(60), 72-79.

Delgado Ramos, G.C. (coord.), 2017: *Climate change-sensitive cities: building capacities for urban resilience, sustainability and equity.* PINCC, UNAM. México.

Delgado Ramos, G.C., 2015: Water and the political ecology of urban metabolism: the case of Mexico City. *Journal of Political Ecology,* 22(1), 98-114.

Delgado Ramos, G.C., M. van Staden y E. Villaseñor Franco, 2018: *Diálogo Mexicano de Talanoa.* UNAM, ICLEI. CDMX, México.

Delgado Ramos, G.C., M.F. Mac Gregor Gaona, R. Ortega León y A. de Luca Zuria, 2019: *Hacia una agenda coordinada de acción climática-ambiental para la Zona Metropolitana del Valle de México.* Plataforma de Conocimiento para la Transformación Urbana. CDMX, México, https://transformacionurbana.mx/es/proyectos/interfaz_cp/diagnostico-zmvm/taller_2019/agenda/

Delgado Ramos, G.C. y H. Blanco, 2017: Transforming urban water infrastructure for a changing climate context in Los Angeles and Mexico City. En: *Climate change sensitive cities* [Delgado Ramos, G.C. (ed.)]. PINCC, UNAM. CDMX, México, www.pincc.unam.mx/IMG/ccsc/CCSC.pdf

Delgado Ramos, G.C. y L. Guibrunet, 2017: Assessing the ecological dimension of urban resilience and sustainability. *International Journal of Urban Sustainable Development,* 9(2), 151-169.

Delgado Ramos, G.C., A. de Luca Zuria y V. Vázquez Zentella, 2015: *Adaptación y mitigación urbana del cambio climático en México.* CEIICH-PINCC, UNAM. México.

Di Bella, J., 2018: *Climate change adaptation, business model innovation and socio-economic assemblages: A relational analysis of adaptive processes.* Tesis doctoral. Kings College, Londres, Reino Unido.

Díaz, J., R. Carmona, I.J. Miron, C. Ortiz y C. Linares, 2015: Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. *Environmental Research,* 143(A), 186-191.

Diputación de Badajoz, 2018: *Adaptación al cambio climático. Guía metodológica para municipios de la provincia.* Badajoz, España, http://proyectoadapta-local.dip-badajoz.es/wp-content/uploads/2018/07/GUÍA-METODOLÓGICA.pdf

Displacement Solutions, 2014: *Los Principios de Península en Acción. Cambio Climático y Desplazamiento en la región autónoma de Gunayala, Panamá,* http://displacementsolutions.org/wp-content/uploads/DIS3277-Panama-Report-Spanish-v3_1combined.pdf

Dodman, D., D. Archer y D. Satterthwaite, 2019: Editorial: Responding to climate change in contexts of urban poverty and informality. *Environment & Urbanization,* 1-9, DOI: 10.1177/0956247819830004

Eakin, H., A.M. Lerner y F. Murtinho, 2010: Adaptative capacity in evolving peri-urban spaces: responses to flood risk in the Upper Lerma River Valley, Mexico. *Global Environmental Change – Human and Policy Dimensions,* 20(1), 14-22.

Eakin, H., A.M. Lerner, D. Manuel-Navarrete, B. Hernandez Aguilar, A. Martinez-Canedo, B. Tellman, L. Charli-Joseph, R. Fernandez Alvarez y L. Bojorquez-Tapia, 2016: Adapting to risk and perpetuating poverty: Household's strategies for managing flood risk and water scarcity in Mexico City. *Environmental Science & Policy,* 66: 324-333.

FEMP (Federación Española de Municipios y Provincias), 2016: *Quinto Informe sobre las políticas locales de lucha contra el cambio climático.* Madrid, España.

Forum Cb27, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, www.forumcb27.com.br

Frank, B., 2008: *O movimento das águas. A construção de uma política sustentável de proteção da água na bacia do Itajaí. CBH-Itajaí.* FAAVI, FURB. Blumenau, Santa Catarina, Brasil.

Frank, B. y L. Sevegnani, 2009: *Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: agua, gente e política.* Agência de Água do Vale do Itajaí. Blumeanau, Santa Catarina, Brasil.

Frantzeskaki, N., T. McPhearson, M.J. Collier, D. Kendal, H. Bulkeley, A. Dumiru, C. Walsh, K. Noble, E. van Wyk, C. Ordóñez, C. Oke y L. Pintér: Nature-Based Solutions for Urban Climate Change Adaptation: Linking Science, Polity, and Practice Communities for Evidence-Based Decision-Making. *BioScience,* DOI: 10.1093/biosci/biz042

Fraser, A., M. Pelling y W. Solecki, 2016: Understanding risk in the context of urban development. En: *Cities on Finite Planet* [Bartlett, S. y D. Satterthwaite (eds.)]. Routledge, Londres, Reino Unido/Nueva York, EE.UU., 17-40.

Fundación Plenitud, 2017: *Lineamientos para el Plan Barrial de respuesta temprana y Preparación de la comunidad frente a inundaciones.* Municipio de Las Terrenas, provincia Samaná, República Dominicana.

Goñi, A., I. Roche., P. Sierra e I. Gadino, 2019: Incorporating Urban Resilience and Adaptive Strategies to Climate Change in Territorial Planning in Uruguay. En: *Urban Climates in Latin American* [Henríquez y Romero (ed.)]. Springer Nature. Cham, Suiza: 355-377.

Gencer, E., 2013: *An overview of urban vulnerability to natural disasters and climate change in Central America & the Caribbean Region.* Fundación Eni Enrico Mattei. Milán, Italia, www.feem.it/m/publications_pages/2013919123324 4NDL2013-078.pdf

Giraldo Valencia, G.I., 2006: *Guardianas de la Ladera: un programa de cultura ciudadana en la prevención del riesgo.* Universidad Nacional de Colombia/USAID. Manizales, Colombia.

Gobierno de Chile, 2015: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Ministerio del Ambiente, http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/02/Plan-Nacional-Adaptacion-Cambio-Climatico-version-final.pdf

Gobierno de la Argentina, 2011: *Estrategia Nacional de Cambio Climático 2012-2016.* Buenos Aires, Argentina.

Gobierno de México, 2019a: sitio web consultado en diciembre de 2019, http://proyecto.constitucion.cdmx.gob.mx/desarrollo

Gobierno de México, 2019b: sitio web consultado en diciembre de 2019, https://datos.cdmx.gob.mx/explore/dataset/scall/map/?location=18,19.30025,-99.07149

Gobierno de Nicaragua, 2019: Decreto para establecer la Política Nacional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y de creación del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático. Diario Oficial n.° 27, 11 de febrero. Managua, Nicaragua, http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/2AA845F404D355C6062583A0005A2819?OpenDocument

Grand Castro, J.A. y S.L. Ramos de Robles, 2019: Climate change and flood risk: vulnerability assessment in an urban poor community in Mexico. *Environment and Urbanization,* DOI: 10.1177/0956247819827850

Hardoy, A. y J. Hardoy, 2013: Working in collaboration to improve urban environmental planning and project implementation. *Regional Development Dialogue,* 34(1), 34-46.

Hardoy, J. y G. Pandiella, 2009: Urban poverty and vulnerability to climate change in Latin America. *Environment and Urbanization,* 21(1), 203-224.

Hardoy, J. y L.S. Velásquez, 2016: Manizales, Colombia. En: *Cities on Finite Planet* [Bartlett, S. y D. Satterthwaite (eds.)]. Routledge, Londres, Reino Unido/Nueva York, EE.U., 135-148.

Henríquez, C., 2018: Resiliencia Urbana. En: *Camino a Ciudades Sustentables. Aportes desde la investigación a las políticas públicas urbanas en Chile.* Informe de Política Pública n.° 1. CEDEUS, Santiago de Chile, Chile, 73-79.

Hidalgo, F., F. Houtart y P. Lizárraga, 2014: *Agriculturas campesinas en Latinoamérica. Propuestas y desafíos.* IAEN, Quito, Ecuador.

Hori, T. y R. Shaw, 2012: Elements for a sustainable community early warning system in Cartago city, Costa Rica. En: *Community-based disaster risk reduction* [Shaw, R. (ed.)]. Emerald Group Publishing, vol. 10. pp. 313-330.

Huang, K., X. Li, S. Liu y K.C. Seto, 2019: Projecting global urban land expansion and heat island intensification through 2050. *Environmental Research Letters,* 14(2019), 114037.

ICLEI, 2017: *Cities and Regions Talanoa Dialogues. Driving Multilevel Climate Action Worldwide,* http://old.iclei.org/fileadmin/user_upload/ICLEI_WS/Documents/COP23/Tanaloa_bro- chure.pdf

ICLEI, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, www.iclei.org

ICMA/ICF/FEDOMU/ADN, 2016. *Evaluación de la vulnerabilidad climática del Distrito Nacional para el Plan de Ordenamiento Territorial.* Santo Domingo, República Dominicana, http://adn.gob.do/potdocu/documentos/VADNSpecialEditionJulio26.pdf

INECC, 2018: *Atlas de Vulnerabilidad al Cambio Climático.* CDMX, México, http://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx

INVEMAR-MADS-Alcaldía Mayor de Cartagena-CDKN, 2012: *Lineamientos de adaptación al cambio climático para Cartagena de Indias.* Bogotá, Colombia, https://cdkn.org/wp-content/uploads/2012/08/Lineamientos-de-Adaptación-al-CC-Cartagena.pdf

IPCC, 2014a: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Cambridge University Press, Reino Unido.

IPCC, 2014b: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.* Cambridge University Press, Reino Unido.

IPCC, 2018: *Special Report Global Warming of 1.5 °C.* IPCC, www.ipcc.ch/sr15

Ivanova, A., 2017: Green financing for cities: current options and future challenges. En: *Climate change sensitive cities: building capacities for urban resilience, sustainability and equity* [Delgado Ramos, G.C. (ed.)]. PINCC-UNAM, México, 283-306.

Jáuregui, E., 2009: The heat spells of Mexico City. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía,* 70, 71-76.

Jáuregui, E. *et ál.,* 2008: *Asentamientos humanos: Bioclima, isla de calor y consumo eléctrico.* INE, México.

Jones, L., E. Ludi y S. Levine, 2010: *Towards a characterisation of adaptative capacity: a framework for analyzing adaptive capacity at the local level.* Overseas Development Institute. Reino Unido, diciembre, www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odiassets/publications-opinion-files/6353.pdf

Kasecker, T., M. Ramos-Neto, J.M.C. da Silva y F.R. Scarano, 2018: Ecosystem-based adaptation to climate change: defining hotspost municipalities for policy design and implementation in Brazil. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 23(6), 981-993.

Kimmelman, M., 2017: Climate change is threatening to push a crowded capital toward a braking point. *The New York Times,* 17 de febrero, www.nytimes.com/interactive/2017/02/17/world/americas/mexico-city-sinking.html

Krellenberg, K., D. Heinrichs, S. Kabisch, J. Rodríguez y J. Welz, 2009: Risk Habitat Megacity. Una iniciativa de investigación latinoamericana y su enfoque de la vulnerabilidad socio-ambiental. *Cuadernos Geográficos,* 45 (2009-2), 293-309.

Lancet, 2019: *The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate,* www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2819%2932596-6

Lins de Barros, F., F. Zeidana y R. De Franca Limaa, 2016: Adaptation and perception of extreme storm events at Maricá's Coast, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management,* 16(2), 147-161.

Londoño, J.P., 2007: Evaluación holística de riesgos frente a movimientos en masa en áreas urbanas andinas: una propuesta metodológica. *Revista Boletín Ciencias de la Tierra,* 20, 55-72.

Magrin, G., 2015: *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe,* www.cepal.org/es/publicaciones/39842-adaptacion-al-cambio-climatico-america-latina-caribe

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.P. Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F.R. Scarano y S. Vicuña, 2014: Central and South America. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* Capítulo 27. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1499-1566.

Mansur, A.V., E.S. Brondizio, S. Roy, P.P. de Miranda Araujo Soaresy A.V. Newton, 2018: Adapting to urban challenges in the Amazon: flood risk and infrastructure deficiencies in Belém, Brazil. *Regional Environmental Change,* 18(5), 1411-1426.

Marques Di Giulio, G., A.M. Bedran-Martins, M.P. Vasconcellos y W. Costa Ribeiro, 2017: Mudanças climáticas, riscos e adaptação na megacidade de São Paulo, Brasil. *Sustentabilidade em Debate,* 8(2), 75-87.

McPhearson, T. *et ál.,* 2016: Advancing urban ecology toward a science of cities. *BioScience,* 66(3), 198-212.

McKinsey Global Institute, 2011: *Urban world: Mapping the economic power of cities,* https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Urbanization/Urban%20world/MGI_urban_world_mapping_economic_power_of_cities_full_report.ashx

McSweeney, K. y O. Coomes, 2011: Climate-related disaster opens a window of opportunity for rural poor in northeastern Honduras. *PNAS,* 108(13), 5203-5208.

Meerow, S., J. Newell y M. Stults, 2016: Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning,* 147, 38-49.

Mehrotra, S. *et ál.,* 2009: *Framework for city climate risk assessment. Fifth Urban Research Symposium.* World Bank, http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1256566800920/6505269-1268260567624/Rosenzweig.pdf

Melgarejo, L. y T. Lakes, 2014: Urban adaptation planning and climaterelated disasters: An integrated assessment of public infrastructure serving as temporary shelter during river floods in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction,* 9, 147-158.

Parlamento del Mercosur, 2018: *Recomendación del Parlamento del Mercosur sobre cambio climático,* 9 de abril, www.parlamentomercosur.org/innovaportal/file/14895/1/mep-103-2018.pdf

MINAMBIENTE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017: *Política Nacional de Cambio Climático.* Gobierno de Colombia, www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Politica_Nacional_de_Cambio_Climatico_-_PNCC_/PNCC_Politicas_Publicas_LIBRO_Final_Web_01.pdf

MINEA (Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas), 2017: *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* Caracas, Venezuela.

Ministerio del Ambiente (Perú), 2016: *El Perú y el Cambio Climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* Lima, Perú.

Ministerio de Medio Ambiente y WWF, 2017*: Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança o clima.* Brasilia, Brasil, www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/Publicacao_Estudo_Secas_completo.pdf

MMA (Ministerio de Medio Ambiente de Chile), 2018: *Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022.* Santiago, Chile, http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/06/Plan-CC-para-Ciudades_aprobado-CMS-ene2018.pdf

MMAyA (Ministerio de Medio Ambiente y Agua), 2009: *Segunda Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* La Paz, Bolivia.

Moser, C. y A. Stein, 2011: Implementing urban participatory climate change adaptation appraisals: a methodological guideline. *Environment and Urbanization,* 23(2), 463-485.

Municipio de Guayaquil, 2014: *Informe de avance del nivel local sobre la implementación de los 10 esenciales para el desarrollo de ciudades resilientes (2013-2014).* Guayaquil, Ecuador, www.preventionweb.net/files/44938_LGSAT_10Ess-Guayaquil(2013-2014).pdf

Muñoz, H., 2013: Una superpotencia de biodiversidad: retos de adaptación para América Latina y el Caribe. *Temas,* 73, 4-8, www.temas.cult.cu/sites/default/files/articulos_academicos_en_pdf/04_Heraldo_Munoz.pdf

MVOTMA, 2015. *Plan Quinquenal de Vivienda 2015-2019.* Uruguay, www.mvotma.gub.uy/par ticipacionciudadana-vivienda/coavi/item/download/10023_b02b5e9b2e6837f40014d0bcad40e492

NIBS (National Institute of Building Sciences), 2005: *Natural Hazard Mitigation Saves: An Independent Study to Assess the Future Savings from Mitigation Activities.* The Multihazard Mitigation Council, Washington DC, EE.UU., http://c.ymcdn.com/sites/www.nibs.org/resource/resmgr/MMC/hms_vol1.pdf

NIC (National Intelligence Council), 2009: *Mexico, the Caribbean and Central America: The impact of climate change to 2030.* EE.UU., www.dni.gov/files/documents/climate2030_MexicoCaribCentralAm.pdf

O'Brien, K., 2018: Is the 1.5 °C target is possible? Exploring the three spheres of transformation. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 31, 153-160.

O'Brien, K. y L. Sygna, 2013: *Responding to climate change: three spheres of transformation. Proceedings of Transformation in a Changing Climate.* University of Oslo, Oslo, Noruega, 16-23.

Orsini, F., R. Kahane, R. Nono-Womdim y G. Gianquinto, 2013: Urban agriculture in the developing world: a review. *Agronomy for Sustainable Development,* 33(4), 695-720.

PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas), 2016a: *Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.* Rio de Janeiro, Brasil, www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio_UM_v10-2017-1.pdf

PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas), 2016b: *Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas.* Rio de Janeiro, Brasil.

PCPTU, 2019: *Interfaz ciencia – política para la acción climática.* Plataforma de Conocimiento para la transformación Urbana. Sitio web consultado en diciembre de 2019, https://transformacionurbana.mx/es/proyectos/interfaz_cp/

Pelling, M., 2010: *Adaptation to climate change: from resilience to transformation.* Routledge, Londres, Reino Unido/Nueva York, EE.UU.

Pelling, M., 2003: *The vulnerability of Cities: natural disasters and social resilience.* Routledge, Londres, Reino Unido/Nueva York, EE.UU.

Pelling, M. y M. Garschagen, 2019: Put equity first in climate adaptation. *Nature,* 569, 327-329.

PNUD, 2012: *Plan Climático de la Región Metropolitana de Uruguay.* Montevideo, Uruguay, www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/plan_climatico_region_metropolitana_uruguay.pdf

PNUD, 2009: *Aplicación de un enfoque regional para la gestión de áreas protegidas marinas y costeras en los archipiélagos de la región sur de Cuba.* Proyecto PNUD/FMAM 56926/70074, www.undp.org.cu/proyectos/ap_marinas_costeras.html. Para una evaluación del mismo, https://erc.undp.org/evaluation/documents/download/8762

PNUD, sin fecha: *Programa de Apoyo a la Reducción de Riesgos de Desastre.* PNUD México, www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment_and_energy/programade-apoyo-a-la-reduccion-de-riesgos-de-desastres-en-mexi.html

PNUD-INECC, 2017: *Medición multidimensional de capacidad institucional que fomente la adaptación al cambio climático en México.* INECC, México, www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/295098/CGACC_2017_Medicion_multidimensional_de_capacidad_institucional_a_nivel_municipal_que_fomente_la_adaptacion_al_cambio_climatico_Informe_final__2.pdf

PNUMA, 2019: *GEO 6 – Global Environment Outlook.* Cambridge University Press, Nueva York, EE.UU.

PNUMA, 2017: *The Adaptation Gap Report. Towards Global Assessment.* Nairobi, Kenya.

PNUMA, 2016: *Global material flows and resource productivity.* París, Francia, www.resourcepanel.org/file/423/download?token=Av9xJsGS

PNUMA, 2013: *Recent trends in material flows and resource productivity in Latin America.* PNUMA/CSIRO, Panamá, www.pnuma.org/deat1/pdf/HS13-0017_CES_UNEPRecentTrendsLatinAmericaReport_WEB_130903.pdf

PREDECAN, 2009: *La Gestión Local del Riesgo en una ciudad andina: Manizales, un caso integral, ilustrativo y evaluado. Serie: Experiencias significativas de Desarrollo Local frente a los Riesgos de Desastre.* Comunidad Andina, Lima, Perú, 2009.

Prefectura de Río, 2016: *Climate Change Adaptation Strategy for the City of Rio de Janeiro.* Río de Janeiro, Brasil, www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/Noticias/documentos/plano_de_adaptacao-ENG-FINAL.pdf

Presidencia de la República, 2018: *Decreto 606 por el cual se prorroga la situación de desastre en el municipio de Mocoa, departamento de Putumayo, declarada mediante Decreto 599 e 6 de abril de 2017.* Bogotá, Colombia, http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO %20606 %20DEL %2003 %20DE %20ABRIL %20DE %202018.pdf

Pressly, L., 2017: El plan de fuga de los indígenas guna para escapar de sus islas paradisíacas antes de que desaparezcan bajo el mar en Panamá. *BBC News,* www.bbc.com/mundo/noticias-41355792

Ramírez-Beltrán, N.D., J.E. González, J.M. Castro, M. Ángeles, E.W. Harmsen y C.M. Salazar, 2017: Analysis of Heat Index in the Mesoamerica and Caribbean Region. *Journal of Applied Meteorology and Climatology,* 56, 2905-2925.

RCMCC (Red Chilena de Municipios ante el Cambio Climático), 2018: *Guía para la elaboración de Planes Locales de Cambio Climático.* Adapt Chile. Santiago de Chile, Chile. En línea: www.adapt-chile.org/esp/wp-content/uploads/2018/03/Gu%C3%ADa-PLCC.pdf

Reguero, B.G., I. Losada, P. Díaz-Simal, F.J. Méndez y M.W. Beck, 2015: Effects of climate change on exposure to coastal flooding in Latin America and the Caribbean. *Plos One,* 10(7): e0133409

República de Cuba, 2015: *Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* La Habana, Cuba.

República Oriental del Uruguay, 2017: *Política Nacional de Cambio Climático.* Sistema Nacional de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática. Montevideo, Uruguay.

Revi, A., D. Satterthwaite, F. Aragón-Durand, J. Corfee-Morlot, R. Kiunsi, M. Pelling, D. Roberts, W. Solecki, S. Pahwa y A. Sverdlik, 2014: Towards transformative adaptation in cities: the IPCC´s Fifth Assessment. *Environment and Urbanization,* 26(1), 11 28. Londres, Reino Unido.

Revi, A., D. Satterthwaite, F. Aragón-Durand, J. Corfee-Morlot, R. Kiunsi, M. Pelling, D. Roberts y W. Solecki, 2014b: Urban Areas. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of the Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* 535-612. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU.

Richards, P. y L. VanWey, 2015: Where deforestation leads to urbanization: how resource extraction is leading to urban growth in the Brazilian Amazon. *Annals of the American Association of Geographers,* 105(4), 806-823.

Romero Lankao, P., H. Qin, S. Hughes, M. Haeffner y M. Borbor-Cordova, 2012: Urban vulnerability and adaptation to the health impacts of air pollution and climate extremes in Latin American cities. En: *Urban areas and global climate change. Research in Urban Sociology* [Holt, W. (ed.)], vol. 12, pp. 247-275. Emerald Group Publishing.

Romero Lankao, O., J.B. Smith, D.J. Davidson, N.S. Diffenbaugh, P.L. Kinney, P. Kirshen, P. Kovacs y L. Villers Ruiz, 2014: North America». En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects,* pp. 1439-1498. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE.UU.

Romero Lankao, P., H. Bulkeley, M. Pelling, S. Burch, D. Gordon, J. Gupta, C. Johnson, P. Kurian, E. Lecavalier, D. Simon, L. Tozer, G. Ziervogel y D. Munshi, 2018: Urban transformative potential in a changing climate. *Nature Climate Change,* 8, 754-761.

Rubin, O. y T. Rossing, 2012: National and local vulnerability to climaterelated disasters in Latin America: The role of social asset-based adaptation. *Bulletin of Latin America Research,* 31(1), 19-35.

Rubio, B., 2014: *El domino del hambre. Crisis de hegemonía y alimentos.* Juan Pablos. México.

Rugiero, V., 2017: *El rol del Estado y otros actores sociales en la reducción de riesgos socio-naturales. El caso del piedemonte de Santiago, Chile.* Tesis presentada a la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al grado académico de doctor en Arquitectura y Estudios Urbanos.

SADSN (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación), 2015: *Tercera Comunicación Nacional de la República de Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* Buenos Aires, Argentina.

Samaniego, P., M.C. Vallejo y J. Martínez-Alier, 2017: Commercial and biophysical déficits in South America, 1990-2013. *Ecological Economics,* 133, 62-73.

Sanahuja, H. y O.A. Ishizawa, 2017: Making Cities Resilient to Reduce Central America's Vulnerability to Natural Disasters. En: *Central*

America Urbanization Review: Making Cities Work for Central America [Agustin, M., J.L. Acero, A. Aguilera y M. García Lozano]. Banco Mundial, Washington DC, EE.UU., 127-153.

Sánchez Rodríguez, R. y E. Morales Santos, 2018: Vulnerability Assessment to Climate Variability and Climate Change in Tijuana, Mexico. *Sustainability,* 10, 2352.

Sarricolea, P. y O. Meseguer-Ruiz, 2019: Urban Climates of Large Cities: Comparison of the Urban Heat Island Effect in Latin America. En: *Urban Climates in Latin America* [Henríquez C. y H. Romero (eds.)]. Springer Nature. Cham, Suiza: 17-32.

SEDATU, SEMARNAT, GIZ, 2018: *Implementación de infraestructura verde como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en ciudades mexicanas.* CDMX, México.

SEDATU-SEGOB-ONU-HABITAT, 2016: *Guía de Resiliencia Urbana.* CDMX, México, www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179708/Guia_de_Resiliencia_Urbana_2016.pdf

SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente), 2019a: *Altepetl.* CDMX, México, https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/altepetl

SEDEMA, 2019: Reglas de operación del programa de sistemas de captación de agua de lluvia en viviendas de la Ciudad de México. *Gaceta Oficial de la Ciudad de México,* n.º 13 Bis, 18 de enero, www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/ROP%20Gaceta.pdf

SEDEMA, 2014: *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020.* CDMX, México, www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Estrategia-Localde-Accion-Climatica-de-la-Ciudad-de-Mexico-2014-2020.pdf

SEMARNAT, 2013: *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018.* Gobierno Federal, México.

SEMARNAT-GIZ, 2015: *Metodología para la priorización de medidas de adaptación frente al cambio climático. Guía de uso y difusión.* CDMX, México, www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/223039/metodologia-priorizacion_guia-usodifusion.pdf

Seto, K., S. Dhakal, A. Bigio, H. Blanco, G.C. Delgado, D. Dewar, L. Huang, A. Inaba, A. Kansal, S. Lwasa, J. McMahon, D. Mueller, J. Murakami, H. Nagendra, A. Ramaswami, 2014: Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning. En: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [IPCC, 2014]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE.UU., 923-1000.

SisVuClima, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, http://sisvuclima.mma.gov.br

Smith, J., K. Strzepek, J. Cardini, M. Castaneda, J. Holland, C. Quiroz, T. Wigley, J. Herrero, P. Hearne y J. Furlow, 2011: Coping with climate variability and climate change in La Ceiba, Honduras. *Climatic Change,* 108(3), 457-470.

Stenfert, J., R. Bouman, R. Nolthenius y S. Joosten, 2016: *Flood Risk Guayaquil. A Critical Analysis on Inundations.* TUDelft-ESPOL-Deltares. Guayaquil, Ecuador, https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:267caf81-5af3-4f0c-9c6a-e4f01571019b/datastream/OBJ2/download

Tacoli, C. (ed.), 2006: *Rural-Urban Linkages. Earthscan.* Londres, Reino Unido.

Tacoli, C., 2003: The links between urban and rural development. *Environment and Urbanization,* 15(1), 3-12.

Tejeda-Martínez, A. y C. Conde Álvarez, 2008: *Guía para la elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC).* Tercera versión corregida y aumentada. Instituto Nacional de Ecología/Universidad Veracruzana/Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, México, www2. inecc.gob.mx/sistemas/peacc/descargas/guias_prog_est.pdf

TIC-A México, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, https://tica.guadalajara.gob.mx

UICN-SPDA, 2012*: El clima cambia, cambia tú también: adaptación al cambio climático en comunidades del Chimborazo en Ecuador.* Lima, Perú, www.iucn.org/es/content/el-clima-cambia-cambiatu-tambien-adaptacion-al-cambio-climatico-en-comunidades-delchimborazo-en-ecuador

UN DESA, 2018a: *World Urbanization Prospects 2018.* United Nations Department of Economic and Social Affairs. Documento web consultado en: https://population.un.org/wup

UN DESA, 2018b: sitio web consultado en diciembre de 2019, https://population.un.org/wup/Download/Files/WUP2018-F02-Proportion_Urban.xls

UN DESA, 2018c: sitio web consultado en diciembre de 2019, https://population.un.org/wup/Download/Files/WUP2018-F17a-City_Size_Class.xls

UN DESA, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, https://population.un.org/wup/Country-Profiles

UNU-EHS, 2014: World Risk Report 2014. Bonn, Alemania, https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2753/WorldRiskReport_2014_online.pdf

USAID-INTEC, 2018: *Clima Futuro de la República Dominicana.* Editora Búho, S.R.L., Santo Domingo, República Dominicana.

USAID/REDDOM/Fundación PLENITUD, 2017: *Campaña para el desarrollo de capacidades en estrategias de adaptación y prevención de inundaciones en el Municipio de las Terrenas, Provincia de Samaná.* República Dominicana.

Valdivieso, P., K. Andersson y B. Villena-Roldan, 2017: Institutional drivers of adaptation in local government decision-making: evidence from Chile. *Climatic Change,* 143(1-2), 157-171.

Van Veenhuizen, R., 2006: Cities farming for the future. Urban agriculture for sustainable cities. International Institute of Rural Reconstruction and ETC Urban Agriculture. Filipinas, www.ruaf.org/publications/citiesfarming-future-urban-agriculture-green-and-productive-cities

Vergara, W., A.R. Ríos, L.M. Gaindo, P. Gutman, P. Isbell, P.H. Suding y J.L Samaniego, 2014: *El Desafío Climático y de Desarrollo en América Latina y el Caribe.* CEPAL-BID-WWF, Santiago de Chile, Chile.

Videiro, R. y P. Paulo: Políticas públicas em agricultura urbana e periurbana no Brasil. *Revista Geográfica de América Central,* 2, 1-17.

Wamsler, C. y E. Brink, 2014: Moving beyond short-term coping and adaptation. *Environment & Urbanization,* 26(1), 1-26.

Wamsler, C., E. Brink y O. Rentala, 2012: Climate change, adaptation, and formal education: the role of schooling for increasing societies' adaptative capacities in El Salvador and Brazil. *Ecology and Society,* 17(2), 2.

Wantzen, K. y J. Mol, 2013: Soil erosion from agriculture and mining: a threat to tropical stream ecosystems. *Agriculture,* 3, 660-638.

WCRP (World Climate Research Programme), 2019: *Global Research and Action Agenda on Cities and Climate Change Science* [Prieur-Richard *et ál.*]. WCRP Publication n.º 13/2019, www.wcrp-climate.org/WCRP-publications/2019/GRAA-Cities-and-Climate-Change-Science-Full.pdf

West, J. y H. Schandl, 2013: Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean. *Ecological Economics,* 94, 19-27.

Zaragoza Medioambiente, 2019: sitio web consultado en diciembre de 2019, www.zaragoza.es/sede/portal/medioambiente/planinfraverde

Zhu, Y.G., B.J. Reid, A.A. Meharg, S.A. Banwart y B.J. Fu, 2017: Optimizing Peri-URban Ecosystems (PURE) to re-couple urban-rural symbiosis. *Science of the Total Environment,* 586, 1085-1090.

Zimmermann, E., L. Bracalenti, R. Piacentini y L. Inostroza, 2016: Urban flood risk reduction by increasing green areas for adaptation to climate change. *Procedia Engineering,* 161, 2241-2246.

14

Zonas costeras

Iñigo J. Losada (España), Mónica Gómez-Erache (Uruguay), Carmen Lacambra (Colombia), Evelia Rivera (México), Rodolfo Silva (México), Alexandra Toimil (España).

Se recomienda citar este texto como:

Losada, I.J., M. Gómez-Erache, C. Lacambra, E. Rivera, R. Silva y A. Toimil, 2020: Zonas costeras. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT*. [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 571-613, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo **574**

14.1. Introducción **574**

14.1.1. Alcance 574

14.1.2. Marco conceptual y estructura del capítulo 575

14.1.3. Conclusiones principales del AR5 575

14.2. Caracterización de los riesgos **575**

14.2.1. Amenazas 575

14.2.1.1. Nivel del mar: global, regional y local 575

14.2.1.2. Régimen de vientos y oleaje 577

14.2.1.3. Temperatura superficial del mar 578

14.2.1.4. Niveles del mar extremos 578

14.2.1.5. Aportaciones fluviales 580

14.2.1.6. Acidificación 580

14.2.1.7. Ciclones tropicales y extratropicales 580

14.2.2. Exposición y vulnerabilidad 581

14.2.2.1. Introducción 581

14.2.2.2. Población-pobreza-migración 581

14.2.2.3. El medio construido 581

14.2.2.4. Sistemas naturales 581

14.2.2.5. Exposición y vulnerabilidad frente a la inundación 582

14.2.3. Impactos 582

14.2.3.1. Inundación y pérdida de operatividad en infraestructuras 582

14.2.3.2. Erosión costera 583

14.2.3.3. Pérdida de servicios ecosistémicos 585

14.3. Principales riesgos y consecuencias del cambio climático **586**

14.3.1. Sistema socioeconómico 586

14.3.2. Sistemas naturales 587

14.3.2.1. Arrecifes de coral 587

14.3.2.2. Manglares 588

14.3.2.3. Playas, islas barrera y sistemas dunares 589

14.4. Adaptación en la costa **589**

14.4.1. Necesidades de adaptación 589

14.4.2. Opciones de adaptación 589

14.4.3. Actividades de adaptación planificada 589

14.4.3.1. Estructurales físicas 589

14.4.3.2. Sociales 592

14.4.3.3. Institucionales 592

14.4.3.4. Procesos participativos para la implementación de la adaptación 593

14.4.4. Actividades de adaptación autónoma 593

14.5. Barreras a la adaptación **596**

14.6. Medidas/indicadores de la efectividad de la adaptación **596**

14.7. Interacciones entre adaptación y mitigación **596**
14.8. Casos de estudio **600**
14.8.1. Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles (BID) 600
14.8.1.1. Introducción a la problemática del caso 600
14.8.1.2. Descripción del caso 600
14.8.1.3. Limitaciones 601
14.8.1.4. Interacciones y cobeneficios 601
14.8.1.5. Lecciones identificadas 602
14.8.2. Seguro para el Arrecife Mesoamericano (México) (Institucional-Económica) 602
14.8.2.1. Introducción a la problemática del caso 602
14.8.2.2. Descripción del caso 603
14.8.2.3. Limitaciones 603
14.8.2.4. Interacciones y cobeneficios 604
14.8.2.5. Lecciones identificadas 604
14.8.3. Estrategia Española de Adaptación al Cambio Climático en la Costa 604
14.8.3.1. Introducción a la problemática del caso 604
14.8.3.2. Descripción del caso 605
14.8.3.3. Limitaciones 606
14.8.3.4. Interacciones y cobeneficios 606
14.8.3.5. Lecciones identificadas 607
14.9. Principales lagunas y necesidades futuras **607**
14.10. Conclusiones **608**
Preguntas frecuentes **608**
Bibliografía **608**

Resumen ejecutivo

Los riesgos derivados del cambio climático sobre los sistemas costeros en los países RIOCC vienen determinados por el aumento de tres factores de origen climático: el nivel medio del mar, la temperatura del océano (temperatura superficial) y la acidificación. Las observaciones existentes de estos factores muestran una gran variabilidad geográfica en la región. Sus proyecciones futuras indican aumentos consistentes para trayectorias representativas de concentración de gases de efecto invernadero más altas y horizontes temporales más alejados.

La inundación y erosión inducidas por los eventos extremos de oleaje y marea meteorológica son los impactos de origen climático dominantes sobre los sistemas socioeconómicos ubicados en la costa. Debido al aumento del nivel medio del mar, estos eventos extremos serán cada vez más frecuentes, por lo que los impactos asociados seguirán incrementándose en el futuro.

El aumento del nivel del mar, cambios en los regímenes de precipitación y alteraciones del clima marítimo son responsables de las modificaciones en los balances hidrosedimentarios y de nutrientes que incrementan la salinización de acuíferos costeros y afectan a la morfología de la costa. Como consecuencia de estos procesos se prevé una disminución en la disponibilidad de agua dulce y el cambio o la pérdida de ecosistemas costeros.

El aumento de la temperatura superficial del mar, modificaciones en los regímenes hidrosedimentarios, variaciones de la calidad de agua y la acidificación son procesos que modifican los tipos, extensiones y salud de los ecosistemas costeros. Mientras que en muchas zonas los impactos dominantes se producirán por el aumento de la temperatura, la acción conjunta de estos factores es el principal inductor de riesgo sobre los arrecifes de coral, vegetación dunar y praderas de pastos marinos. La mortalidad de algunos ecosistemas costeros aumentará también por el incremento de eventos extremos.

Durante las próximas décadas se producirá en zonas costeras un aumento de los riesgos del cambio climático, tales como inundaciones, pérdida de operatividad en infraestructuras, erosión y pérdida de servicios ecosistémicos por el aumento de la exposición y de la vulnerabilidad. Las principales causas son: el incremento de la población en zonas bajas, especialmente en megaciudades, la pérdida de resiliencia de los ecosistemas y factores externos al cambio climático que hacen que la población sea más vulnerable, como la degradación ambiental o la inequidad social.

Existen planes e iniciativas en pro de la adaptación en zonas marino-costeras en todos los países RIOCC, pero con escalas, alcances y niveles de implementación diversos. En general, la adaptación al cambio climático en las zonas costeras se ha incorporado en planes o estrategias de adaptación nacionales o locales, o la componente de adaptación forma parte de planes de gestión costera o de gestión de riesgos. Solo España tiene una estrategia de adaptación específica.

Las opciones de adaptación predominantes en la actualidad en la región son programadas. Entre ellas las hay sociales, conducentes a la evaluación de riesgos y vulnerabilidades; institucionales, tendentes a mejorar su capacidad institucional y la gobernanza; informativas, conducentes a la creación y gestión del conocimiento, y físicas, basadas en soluciones de ingeniería (grises y verdes) que se han implementado en zonas de alta exposición y vulnerabilidad.

En Centroamérica, Sudamérica y Caribe gran parte de la financiación para la adaptación en zonas costeras procede de organismos multilaterales y entidades de cooperación internacional y está siendo implementada, en muchos casos, por las ONG. Sería deseable una mayor coordinación para reducir la fragmentación, evitar duplicidades y favorecer una visión de medio plazo y una priorización de los recursos destinados a la adaptación en la costa.

Las barreras institucionales más comunes identificadas en los países RIOCC son el conflicto competencial y la falta de información, frecuentes cambios o ausencia de políticas específicas y la falta de recursos y capacidades para hacer frente a las diferentes fases del ciclo de la adaptación.

14.1. Introducción

14.1.1. Alcance

En este capítulo se presenta una visión global sobre los riesgos del cambio climático en las costas de Iberoamérica y sobre la experiencia existente y las necesidades en adaptación. La mayor parte de los países RIOCC tienen una parte significativa de costa (más de 80.000 km) que alberga sistemas naturales compuestos por diversos elementos geomorfológicos y ecosistemas, como costas rocosas, acantilados, playas, barreras y cordones litorales, sistemas dunares, estuarios, deltas y desembocaduras, humedales, lagunas, pastos marinos y arrecifes. Los manglares, humedales, arrecifes de coral, campos de algas y pastos marinos contribuyen, además, de forma fundamental a la provisión de diversos servicios ecosistémicos. En la costa se ubica también una parte importante de las actividades socioeconómicas clave, como asentamientos urbanos y rurales, turismo, puertos e infraestructuras del transporte, pesca y acuicultura, industria, agricultura y ganadería y otros. Este desarrollo socioeconómico ha dado lugar a que la costa se encuentre, en muchas zonas de los países RIOCC, fuertemente alterada por la influencia del hombre, generando un incremento considerable de la exposición y de la vulnerabilidad frente a agentes climáticos. Por ello, las zonas costeras son especialmente sensibles a las amenazas originadas por el cambio climático y muy especialmente al aumento del nivel medio del mar, al incremento de su temperatura y a la acidificación. El contexto específico de las amenazas, exposición y vulnerabilidad demanda la implementación de estrategias de

adaptación que, en el caso de la costa, son generalmente de implementación a nivel local. En este capítulo se abordan los impactos y los riesgos observados y futuros sobre los sistemas naturales y socioeconómicos debidos a variaciones en las amenazas de origen climático, sin olvidar la contribución de los cambios a la exposición y vulnerabilidad inducidas por las trayectorias de desarrollo socioeconómico.

Por ser la costa una interfaz de diferentes ecosistemas y actividades, se puede encontrar información adicional sobre aspectos costeros en los **Capítulos,** por orden de relevancia, **4.** Ecosistemas marino-costeros; **9.** Tormentas y huracanes; **15.** Turismo; **13.** Asentamientos urbanos y rurales, y **8.** Recursos pesqueros.

14.1.2. Marco conceptual y estructura del capítulo

Conceptualmente, el capítulo se estructura alrededor del marco del riesgo descrito en el Quinto Informe sobre Cambio Climático (AR5) (IPCC, 2014). Por tanto, la primera parte se dedica a la descripción de la información histórica y de las proyecciones de las principales amenazas de origen climático que actúan sobre las costas de Iberoamérica. A continuación, se aborda el estado del conocimiento sobre la exposición y vulnerabilidad de los sistemas naturales y socioeconómicos en la costa, atendiendo a los impactos principales considerados en este capítulo: inundación, erosión, salinización, acidificación y pérdida de servicios ecosistémicos. El estado de la evaluación de riesgos a partir de información histórica y proyecciones futuras y sus consecuencias sobre los sistemas naturales y socioeconómicos se resume, estructurando la misma considerada desde la escala regional a la local, como base esencial para analizar el estado del arte en términos de adaptación. En este sentido, el capítulo recoge aspectos relativos a las bases fundamentales de la adaptación en zonas costeras, destacando las prácticas más comunes en los países de la RIOCC y considerando opciones, límites y barreras de la adaptación. Finalmente, se recoge un conjunto de casos de estudio que se consideran representativos del estado del arte de la adaptación en los países considerados en este informe.

14.1.3. Conclusiones principales del AR5

La mayor parte de la información relevante para este capítulo se encuentra dispersa a lo largo del AR5 en los capítulos de Wong *et ál.* (2014), Romero-Lankao *et ál.* (2014) y Magrin *et ál.* (2014). En general, se identifica que los impactos que se producen en la costa son consecuencia de la acción conjunta de los efectos del cambio climático, principalmente el aumento del nivel medio del mar relativo, el calentamiento del océano y la acidificación, y de la acción del hombre. El AR5 destaca que la ocupación de las zonas costeras ha producido un incremento importante de la exposición frente a eventos costeros extremos y ha contribuido a la transformación de ecosistemas costeros y marinos, con la consiguiente pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos. La información relativa a los riesgos de inundación y erosión es limitada, aunque se hace mucho énfasis en los potenciales incrementos en la frecuencia de los eventos extremos de inundación por efecto del aumento del nivel medio del mar en toda la región.

En cuanto a las prácticas de adaptación más extendidas, en el AR5 sobresalen la implantación de áreas marinas protegidas y la protección o reforestación de bosques de manglar. Sin embargo, destaca la poca implantación de otras medidas, como la planificación costera para facilitar la migración de los manglares para adaptarse autónomamente al aumento del nivel medio del mar, la gestión de cuencas para facilitar el acceso del sedimento a la costa o la recuperación de zonas degradadas.

Desde la publicación del AR5, en muchos países de la región se ha producido un aumento sustancial de literatura gris y de publicaciones científicas. En este capítulo se resume parte de esta información.

14.2. Caracterización de los riesgos

Siguiendo la metodología del AR5, en esta sección se describen las diferentes componentes del riesgo, a saber: amenazas, impactos, exposición y vulnerabilidad. En general, si la información está disponible, a lo largo de la sección esta se estructura en observaciones basadas en información histórica y en proyecciones para diferentes escenarios. No obstante, es necesario destacar que varios países RIOCC, como Costa Rica o México, han desarrollado sus estrategias contra el cambio climático en la costa con la base terminológica del AR4, por lo que podrían existir algunas divergencias a la hora de interpretar algunas de las cuestiones recogidas en este capítulo.

14.2.1. Amenazas

14.2.1.1. Nivel del mar: global, regional y local

Los cambios en el nivel del mar se producen a diferentes escalas espaciales y temporales constituyendo una de las principales amenazas que contribuyen a aumentar los niveles de riesgo para sistemas naturales y socioeconómicos localizados en la costa.

A escala global, los cambios en el nivel medio del mar tienen su origen en las variaciones del volumen de agua en las cuencas oceánicas debido al incremento de la temperatura del agua o por cambios de su masa debidos a los intercambios con las masas de hielo, depósitos de agua en superficie y subterráneas sobre el continente (Church *et ál.,* 2013).

A escala regional, se puede observar una importante variabilidad fundamentalmente vinculada a los modos de variabilidad natural del clima regional que afectan a los niveles del mar en escalas interanuales e interdecadales. En Iberoamérica, este hecho se pone claramente de manifiesto en el área Pacífico ecuatorial en la que El Niño puede incrementar el nivel medio del mar hasta 40 cm durante varios meses, afectando de forma importante a las costas de Perú y Ecuador (Losada *et ál.,* 2013). La variabilidad regional del nivel del mar también se ve fuertemente afectada por procesos de la dinámica oceánica vinculados al régimen de vientos o de presión atmosférica o al sistema de circulación de corrientes (Church *et ál.,* 2013).

Pero sin duda es el nivel del mar local el que más relevancia tiene a la hora de establecer los riesgos sobre sistemas naturales y socioeconómicos en la costa, así como para el planteamiento de diferentes estrategias de adaptación que puedan cristalizar en proyectos de implementación de medidas concretas. El nivel del mar local puede verse afectado de manera importante por la subsidencia o la elevación del terreno. Es importante considerar que lo que es realmente relevante a efectos de la evaluación de impactos es el nivel del mar local relativo, es decir, el aumento del nivel del mar con respecto a la referencia del terreno. Por tanto, la determinación de las tasas de subsidencia o elevación a nivel local es esencial (Wong *et ál.,* 2014). La subsidencia puede tener un origen natural como consecuencia de la compactación de sedimentos, como sucede en muchos deltas, pero también es producto de la acción del hombre debido a un conjunto de actividades tales como la extracción de recursos subterráneos (agua, gas, petróleo) o la consolidación del terreno en áreas con alta densidad de construcción (ciudades), entre otros. Es importante destacar que en algunas zonas las tasas de incremento de la subsidencia son superiores a las del aumento del nivel del mar, por lo que su efecto conjunto genera un aumento de riesgo de inundación notable (Reguero *et ál.,* 2015).

Otro aspecto de gran importancia a considerar en el nivel del mar local es el efecto de los movimientos tectónicos de largo plazo o abruptos, de especial relevancia en costas cercanas a zonas tectónicas activas. Por ejemplo, problemas de carácter sísmico, como la deformación cosísmica producida durante el sismo, que puede alcanzar varios metros para megaterremotos en países como Perú, Chile, Ecuador y Colombia, donde debe tenerse en cuenta el efecto conjunto de amenazas climáticas y geofísicas. Así, en la costa chilena, el efecto de diferentes terremotos ha producido modificaciones en la línea de costa de órdenes de metros (Carvajal *et ál.,* 2017).

Observaciones

La **Figura 14.1.** muestra, a partir de datos multimisión de altimetría, las tasas de variación del nivel medio del mar en el periodo 1992-2018. En general, en toda la costa de América Latina y Caribe, así como en la Península Ibérica se observan tasas positivas de aumento del nivel medio del mar que varían entre 1,2 mm/año y 8 mm/año aproximadamente. Las observaciones muestran que las mayores tasas de aumento se producen en la costa atlántica con valores también elevados en la costa chilena.

En relación con observaciones locales basadas en series temporales obtenidas de mareógrafos, el análisis de tendencias realizado entre 1950 y 2010 muestra también un aumento del nivel medio del mar en todas las localizaciones consideradas (**Figura 14.2**). En la costa pacífica (id.829 e

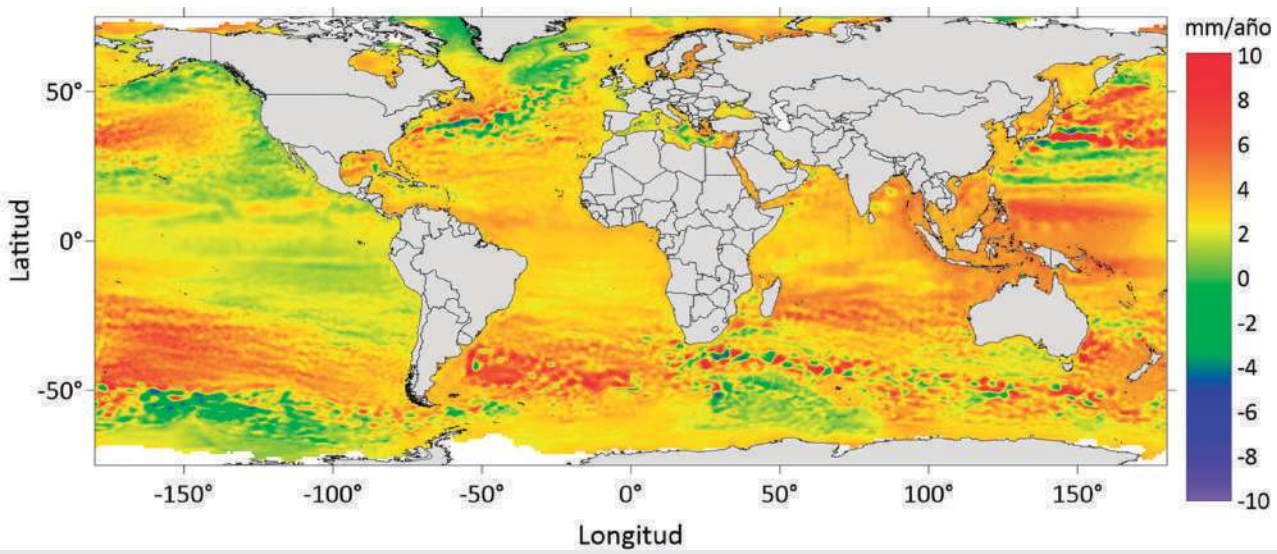


Figura 14.1. Mapa combinado de misiones satelitales con los patrones regionales de nivel del mar observado (en mm/año) entre 1992-2018.
Fuente: EU Copernicus Marine Service, CLS, Cnes, Legos.

id.598), se puede ver el efecto que los eventos de El Niño (ENSO), especialmente intensos en los periodos 1982-1983, 1997-1998 y 2014-2016, tienen sobre el nivel del mar. En la zona norte de Chile se han observado incrementos en los promedios mensuales del nivel medio del mar de hasta 30 cm durante El Niño y reducciones del mismo orden durante La Niña (Contreras-López *et ál.,* 2012).

Proyecciones

En la actualidad las proyecciones regionales de nivel medio del mar relativo para América Latina y la Península Ibérica se obtienen directamente de las proyecciones generadas con cobertura global. Las proyecciones elaboradas para el AR5 corresponden a diferentes rutas representativas de concentración de gases de efecto invernadero o RCP (Moss *et ál.,* 2010). La **Figura 14.3** muestra el aumento del nivel medio del mar proyectado a fin de siglo para el RCP 8.5. Se puede observar que existe una alta variabilidad regional en los valores proyectados, con variaciones de entre 30 y 75 cm. En la mayor parte de la costa se proyectan valores superiores a los 55 cm, con valores mayores en la costa atlántica que en la pacífica.

14.2.1.2. Régimen de vientos y oleaje

El cambio climático puede producir cambios en el régimen de vientos. Alteraciones en su intensidad, dirección o persistencia tienen implicaciones directas sobre otros procesos físicos, como el oleaje, la marea meteorológica, el sistema de corrientes o los afloramientos costeros. Además, puede afectar al transporte eólico de sedimentos en la costa con la consiguiente afección sobre los sistemas dunares (Wong *et ál.,* 2014). Asimismo, las condiciones de vientos extremos tienen repercusión directa sobre algunos sistemas naturales y socioeconómicos. Por ejemplo, los cambios en el régimen de vientos pueden tener incidencia sobre las operaciones en puertos y en aeropuertos localizados en la costa (Wong *et ál.,* 2014).

Los cambios en el régimen de oleaje pueden tener importantes consecuencias para la costa. Variaciones en su altura, periodo y dirección pueden dar lugar a impactos sobre la morfodinámica de la costa, así como sobre los patrones de erosión/acumulación sedimentaria e inundación o en la funcionalidad y estabilidad de las estructuras de protección de la costa o del sistema portuario (Wong *et ál.,* 2014). Además, los cambios en el oleaje pueden producir efectos sobre los ecosistemas costeros dado que, además de la erosión,

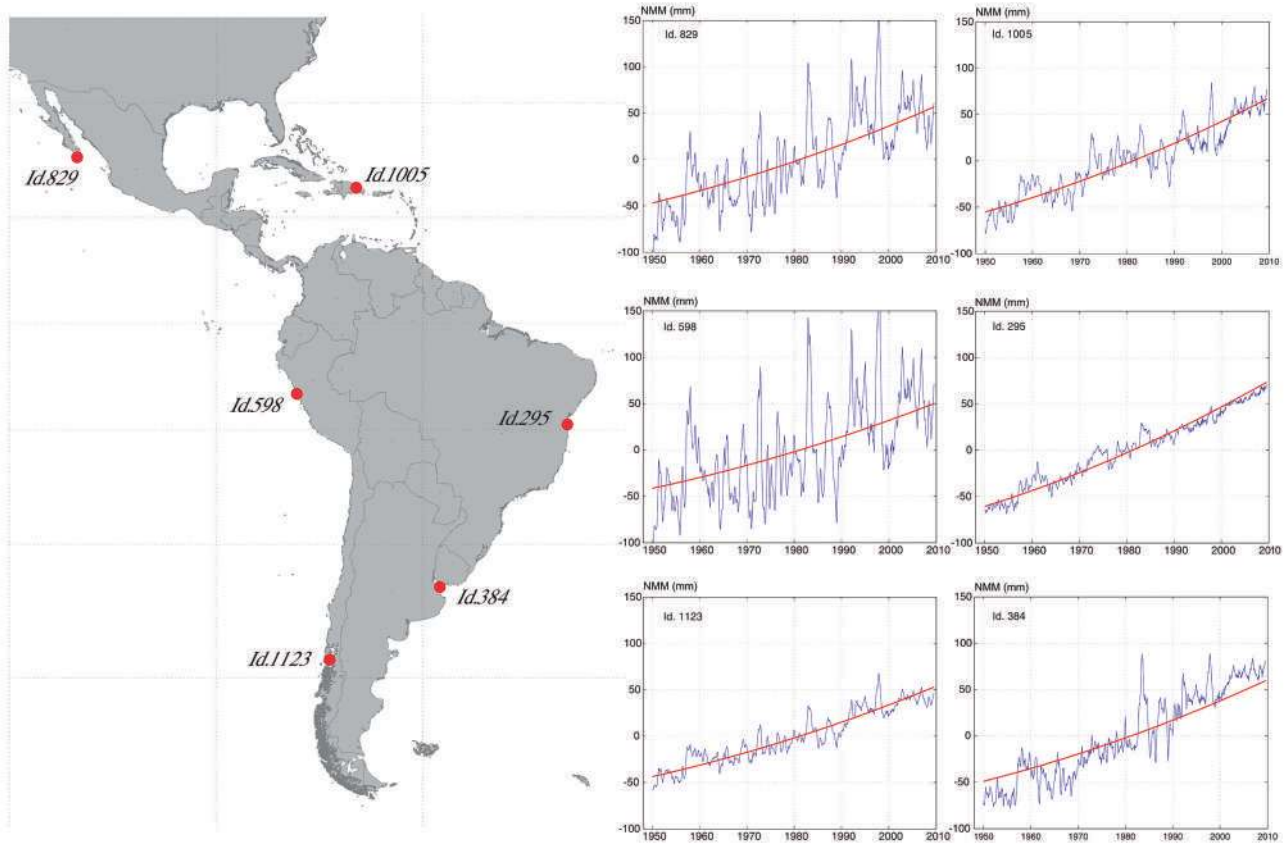


Figura 14.2. Series temporales locales del nivel del mar y tendencias obtenidas en varios puntos representativos de la región. Fuente: Losada *et ál.,* 2013.

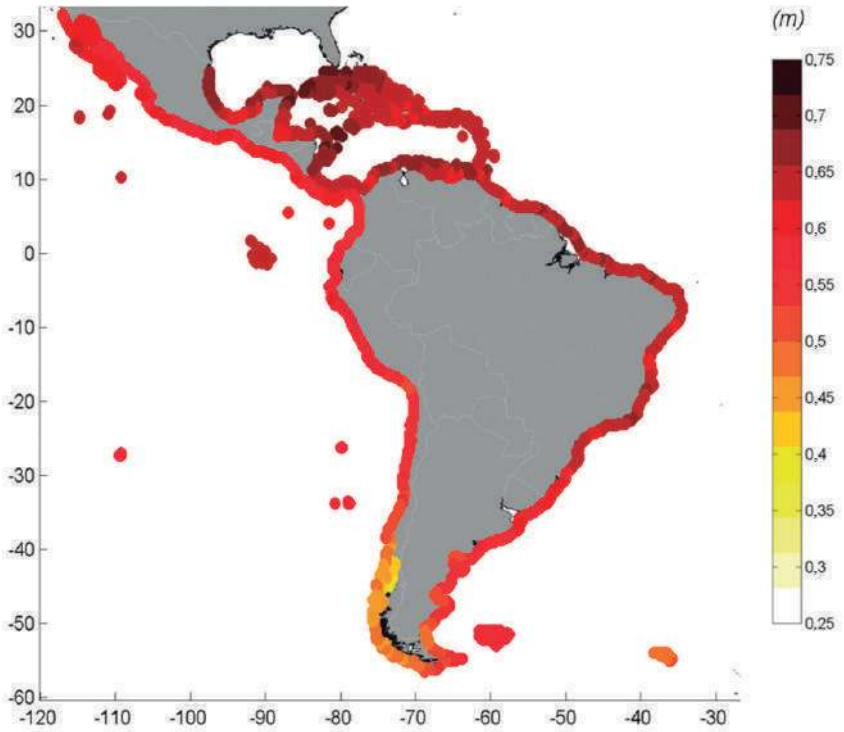


Figura 14.3. Proyecciones regionales multimodelo del valor medio del aumento del nivel medio del mar a fin de siglo (periodo 2081-2100 con respecto 1983-2005) para el RCP 8.5. Fuente: Church *et ál.,* 2013.

pueden alterar los patrones de corrientes, modificando el transporte de sedimentos, o conducir a eventos extremos que superen los umbrales de supervivencia de algunas especies (Wong *et ál.,* 2014).

En la **Figura 14.4,** las proyecciones muestran que, a fin de siglo, se esperan ligeros aumentos de la altura de ola media anual en gran parte de la costa del Pacífico y especialmente en el sur de Chile. Estos cambios en la altura de ola son también consistentes con los que se proyectan en el periodo de pico medio anual. En la **Figura 14.5,** se muestra un detalle de los cambios proyectados en el sur de Chile. Como puede observarse, algunos de los modelos proyectan incrementos de 40 cm en los extremos de altura de ola y rotaciones en el entorno de los 5 grados en la dirección de abordaje del oleaje.

14.2.1.3. Temperatura superficial del mar

La temperatura superficial del mar (SST) se ha venido incrementando de forma significativa durante las últimas décadas afectando a más del 70 % de las costas de mundo (IPCC, 2014). Este aumento de la temperatura tiene varias consecuencias: cambios en la estratificación y la circulación, incremento de los episodios de blanqueamiento y mortalidad de los arrecifes de coral o la migración de especies, entre otras. Otro factor importante es que este incremento de la temperatura tiene también asociados eventos extremos denominados olas de calor marinas. Este problema puede ser especialmente relevante la región pacífica de América Latina y Caribe, ya que los eventos de El Niño son inductores de este tipo de fenómeno (Oliver *et ál.,* 2018).

Todas las proyecciones parecen indicar que el incremento seguirá produciéndose en el futuro para cualquier RCP y que la frecuencia, duración y extensión espacial e intensidad de las olas de calor marinas aumentarán incluso para RCP bajos. La **Figura 14.6** muestra proyecciones multimodelo del incremento de la temperatura superficial del mar media en la costa mediterránea española con respecto al periodo histórico 1986-2005 (IHCantabria, 2019). Como puede observarse, para cualquiera de los RCP considerados, las proyecciones indican un aumento de la temperatura media. Para el RCP 4.5 el aumento es más o menos homogéneo y de entre 2 y 2,5 °C aproximadamente, mientras que para el RCP 8.5 los incrementos alcanzan valores de hasta 4 °C, especialmente alrededor de las Islas Baleares. Este incremento de la temperatura tendrá consecuencias relevantes para especies endémicas protegidas, como la Posidonia oceánica. La información relativa a las proyecciones de la temperatura superficial del mar en América Latina y Caribe viene recogida en el capítulo del IPCC específico de la región (Magrin *et ál.,* 2014).

14.2.1.4. Niveles del mar extremos

Los niveles del mar extremos son el resultado de la superposición del nivel medio del mar, la marea astronómica, la marea meteorológica y la contribución del oleaje, llamada remonte (*run-up*). Esta última es el resultado de la suma de la sobreelevación del nivel del mar debida a la rotura del oleaje (*set-up*) y el ascenso-descenso del oleaje sobre la playa (*swash*). El ascenso del nivel del mar relativo no hace más que contribuir a incrementar dichos niveles extremos. La combinación de todos estos factores es altamente dependiente de la climatología regional y local, así como de las características batimétricas y morfológicas y ecosistemas presentes en la costa afectada.

En algunas zonas de Iberoamérica es especialmente relevante la contribución a los niveles extremos de la marea meteorológica y oleaje inducida por ciclones tropicales, resultado de los fuertes vientos asociados a estos fenómenos atmosféricos. Asimismo, en países como Ecuador o Perú, los

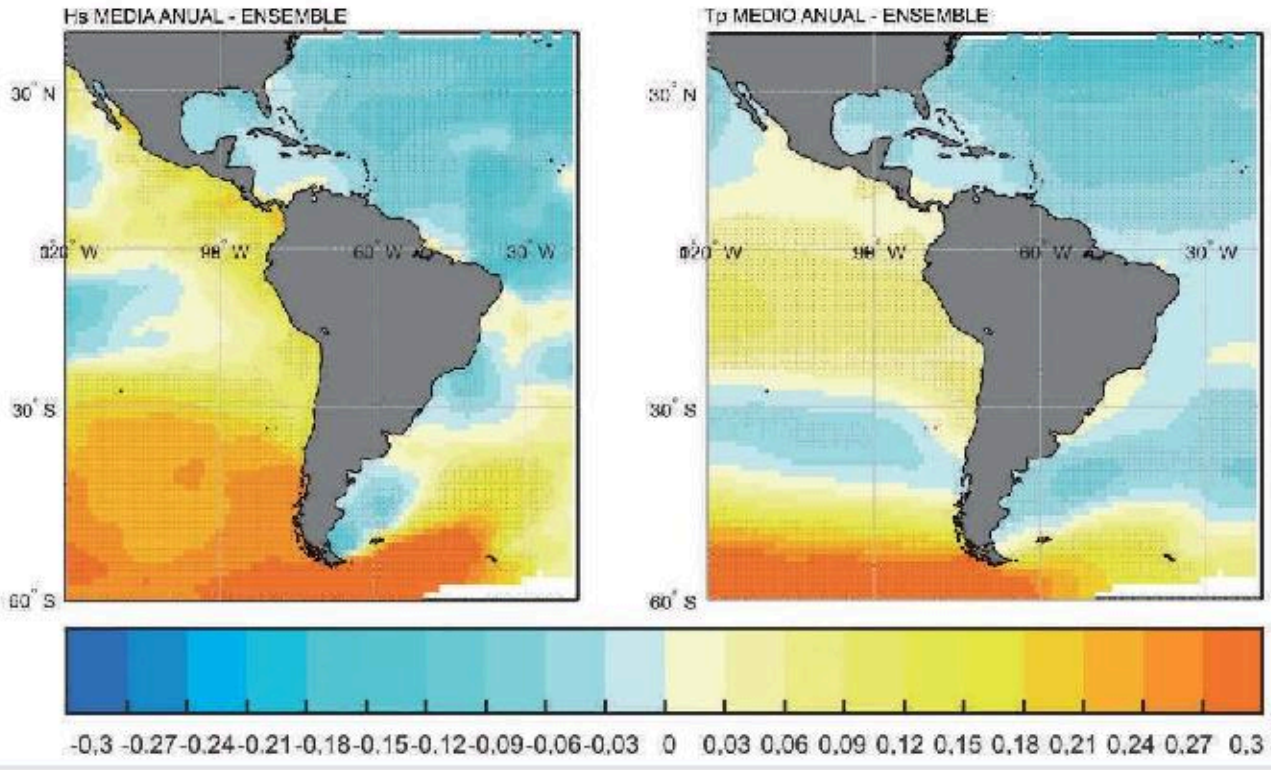


Figura 14.4. Proyecciones multimodelo de oleaje (RCP 8.5, 2071-2099 con respecto a 1979-2005) para cambio en estadísticas del oleaje a lo largo de la región (localización, cambios intermodelos de Hs media anual en metros, y periodo de pico Tp en segundos). Fuente: Camus *et al.*, 2017.

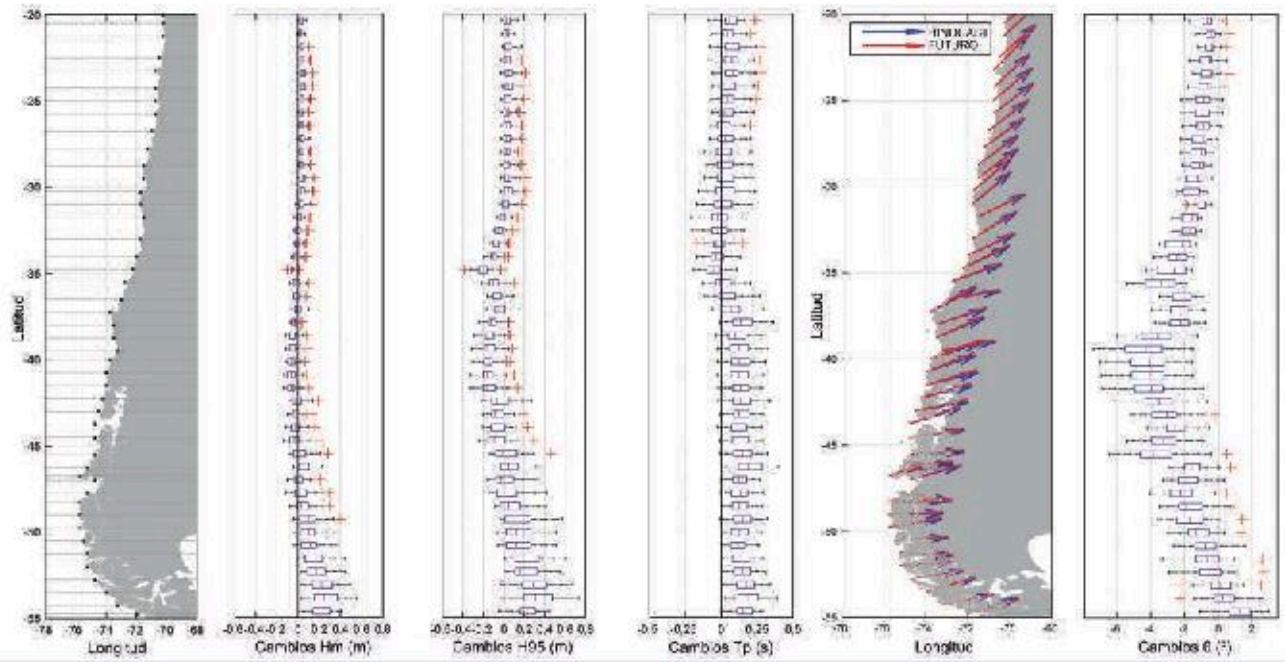


Figura 14.5. Proyecciones multimodelo de oleaje (RCP 8.5, 2071-2099 con respecto a 1979-2005) para cambio en estadísticas del oleaje a lo largo de la costa de Chile (localización, cambios intermodelo de H_s media, H_{p95}, T_p, dirección θ, y cambios intermodelo de dirección θ). Fuente: Camus *et al.*, 2017.

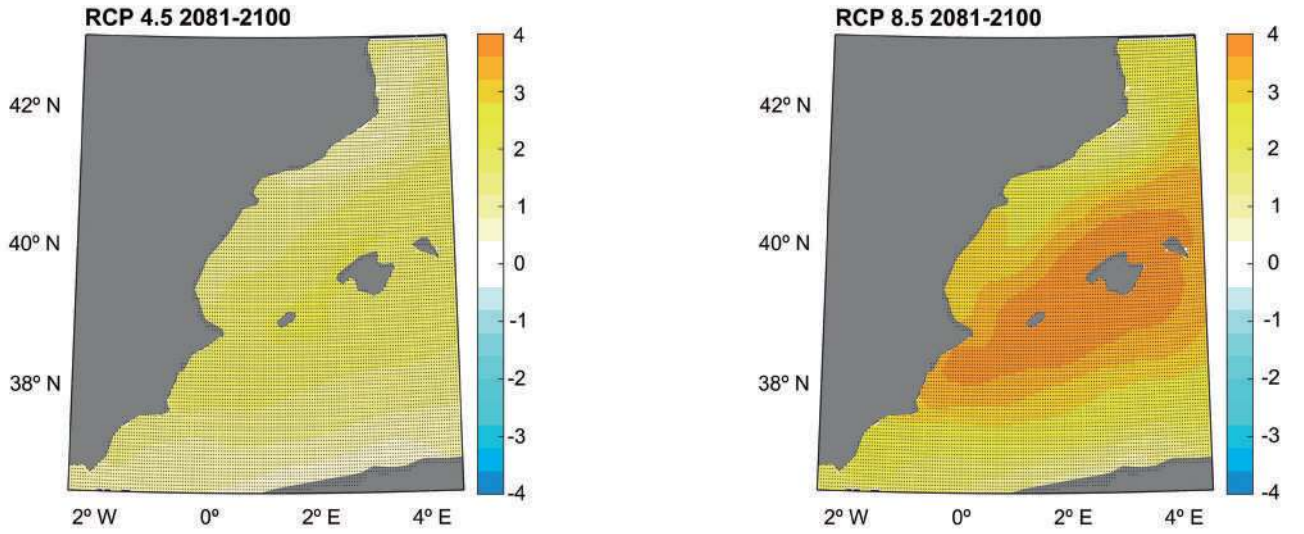


Figura 14.6. Proyecciones multimodelo del incremento de la temperatura superficial del mar media en grados (RCP 4.5 y RCP 8.5, 2081-2100 con respecto a 1986-2005) para la costa mediterránea española. Fuente: IHCantabria, 2019.

niveles del mar extremos pueden verse también afectados por la variabilidad interanual durante eventos como El Niño (Losada *et ál.,* 2013).

Las proyecciones del aumento del nivel medio del mar presentadas en la **Figura 14.3** (Church *et ál.,* 2013) conducirán a una reducción en los periodos de retorno de las cotas de inundación extremas, con el consiguiente aumento de riesgo para la inundación y erosión, así como para la estabilidad y operación de infraestructuras en la costa y la capacidad de algunos ecosistemas costeros de responder a tiempo a dicho aumento. La reducción en los periodos de retorno dependerá de la localización geográfica y de las dinámicas dominantes.

14.2.1.5. Aportaciones fluviales

Las aportaciones fluviales juegan un papel muy relevante en la costa. Los cambios en las aportaciones fluviales condicionan el riesgo de inundación en las zonas costeras; alteran la calidad y la salinidad del agua en la costa, así como la circulación de nutrientes y el transporte de sedimentos. Estos cambios en las aportaciones fluviales vienen condicionados de manera importante por los cambios en el régimen de precipitación, entre otros factores, en los países RIOCC. Este aspecto se ha tratado en el **Capítulo 6** de este mismo informe.

14.2.1.6. Acidificación

La acidificación del océano y, por tanto, de las aguas costeras se refiere a la reducción en el pH del agua inducido principalmente por la absorción de dióxido de carbono de origen antropogénico desde la atmósfera. La variabilidad espacial y temporal del pH en las aguas costeras es mucho mayor que en las aguas oceánicas debido a la contribución de otros procesos distintos a la absorción de CO_2 (Wong *et ál.,* 2014). Uno de los principales impactos de la acidificación en zonas costeras es su contribución a los cambios en los procesos de calcificación de organismos tales como los corales. Los últimos estudios muestran que, desde 1980, el pH ha seguido descendiendo en el océano y que, independientemente del escenario considerado, se proyecta un aumento de la acidificación de aquí a fin de siglo (Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2014). Este aspecto es especialmente relevante para los países de la RIOCC que alojan algunos de los arrecifes de coral más importantes del mundo. Sus consecuencias se analizan con más detalle en la sección **14.3.2.**

14.2.1.7. Ciclones tropicales y extratropicales

Los ciclones tropicales y extratropicales juegan un papel predominante en la definición de los eventos extremos que afectan a las costas de los países de la RIOCC. Los ciclones tropicales y especialmente los huracanes conducen a vientos fuertes y precipitación extrema en la costa que, junto con la acción de la marea meteorológica y el oleaje, pueden generar inundación, erosión y daños directos por viento. De manera análoga, los ciclones extratropicales son una de las causas principales de estos impactos en las zonas costeras de la región. Este tema se ha tratado de manera extensa en el **Capítulo 9** de este informe.

14.2.2. Exposición y vulnerabilidad

14.2.2.1. Introducción

La exposición y la vulnerabilidad son elementos determinantes para la evaluación del riesgo (ver **Capítulo 1** de este mismo informe). Además, son los dos factores fundamentales sobre los que se centra la adaptación. En la costa es necesario determinar cuáles son los elementos expuestos frente a los impactos más críticos, como son la inundación permanente o ante eventos extremos la erosión, la salinización, el aumento de la temperatura o sus posibles combinaciones. Asimismo, cada uno de los elementos expuestos tiene un diferente grado de vulnerabilidad a cada uno de los impactos anteriores. Los elementos expuestos y vulnerables pueden organizarse en los correspondientes a los sistemas socioeconómicos o los sistemas naturales ubicados en la costa. Los factores que determinan la exposición y vulnerabilidad son diversos y existe una vasta literatura a este respecto (Cardona *et ál.,* 2012). Al margen de las bases de datos propias de cada país, existen bases de datos sobre exposición y vulnerabilidad de ámbito global y local que son utilizadas en muchos análisis de riesgo independientemente de las amenazas e impactos considerados. CEPAL (2012a) publicó un análisis específico de exposición y vulnerabilidad frente al cambio climático en zonas costeras de América Latina y Caribe haciendo uso de bases de datos homogéneas de exposición y vulnerabilidad en toda la región. No obstante, es necesario destacar que la mayor parte de los países RIOCC cuentan con bases de datos propias para la caracterización de la exposición y vulnerabilidad. Sin embargo, existe una grandísima heterogeneidad entre países, e incluso en cada país, en cuanto a la cobertura, resolución espacial, calidad y accesibilidad de los datos.

Finalmente, es necesario destacar que la exposición y la vulnerabilidad varían en el tiempo y, por tanto, el análisis de riesgo de proyecciones futuras debería tener en cuenta este aspecto.

14.2.2.2. Población-pobreza-migración

De acuerdo con McGranahan *et ál.* (2007), en el año 2000 aproximadamente 32,2 millones de personas vivían en elevaciones entre 0 y 20 m con respecto al nivel medio del mar. Más concretamente, Villamizar *et ál.* (2016) establecen que en Colombia, Venezuela, Costa Rica, El Salvador y Panamá más del 30 % del total de la población vive en dicha zona. Su vulnerabilidad depende de diversos factores que han sido suficientemente detallados en los **Capítulos 1** y **2** de este informe. Un factor adicional importante a considerar es la evaluación de las proyecciones de población. Su migración hacia la costa provoca un aumento de la exposición, además de un conjunto de presiones adicionales que reducen la resiliencia de la costa frente al cambio climático.

14.2.2.3. El medio construido

Dentro del medio construido, los estudios incluyen diversos sectores representados a través de activos (localización y características) y actividades, generalmente representadas por indicadores económicos. La caracterización de estos está condicionada por la escala espacial del análisis y por la existencia de series históricas. Las series históricas suelen utilizarse para caracterizar la exposición futura en ausencia de proyecciones. La vulnerabilidad, dependiendo de los casos, suele representarse por índices o mediante funciones de daño. El **Capítulo 13** de este informe recoge un análisis detallado sobre los asentamientos urbanos y rurales, las infraestructuras asociadas y su posible evolución futura.

14.2.2.4. Sistemas naturales

Dada la vasta extensión geográfica abarcada por los países costeros de la RIOCC, los sistemas naturales presentes en sus costas están caracterizados por una gran diversidad climática y ecosistémica. Playas y zonas rocosas e intermareales; marismas, estuarios y lagunas costeras; manglares, praderas de pastos marinos, arrecifes coralinos y bosques de algas se distribuyen a lo largo de sus costas y nos proveen de importantes servicios ecosistémicos. En el **Capítulo 4** puede encontrarse una descripción detallada de su distribución biogeográfica y de sus características fundamentales. La caracterización de la exposición y de la vulnerabilidad de estos ecosistemas ante las amenazas del cambio climático es un factor esencial para evaluar los riesgos, así como para el análisis de la adaptación. Tanto la exposición como la vulnerabilidad de los sistemas naturales deben plantearse frente a impactos o amenazas concretas. CEPAL (2012a) proporciona un resumen sobre la sensibilidad de los ecosistemas frente a cambios en las variables climáticas. Asimismo, el **Capítulo 4** recoge información sobre impactos observados en algunos de estos sistemas naturales.

La exposición pasa por una correcta caracterización de los diferentes sistemas costeros. En la actualidad, existen bases de datos de cobertura global, nacional y local que permiten caracterizar muchos de estos ecosistemas (p. ej., manglares, corales, pastos y marismas). Sin embargo, la respuesta a los efectos potenciales del cambio climático y a los eventos extremos es dependiente de las condiciones locales, su estado de conservación y en su mayor parte no se tiene información suficiente para hacer una correcta evaluación sobre la vulnerabilidad o resiliencia de los ecosistemas frente a una amenaza concreta. Es más, la exposición y la vulnerabilidad evolucionan en el tiempo en función de factores tales como los impactos experimentados tanto de naturaleza climática como no climática, la gobernanza o las medidas de adaptación implementadas, por lo que la constante actualización de esta información es necesaria.

A escala supranacional y nacional la exposición y la vulnerabilidad suelen caracterizarse mediante el uso de indicadores.

14.2.2.5. Exposición y vulnerabilidad frente a la inundación

En un análisis reciente, Calil *et ál.* (2017) muestran la distribución geográfica de dos índices compuestos de exposición y vulnerabilidad a lo largo de las costas de América Latina y Caribe. El índice de exposición incluye indicadores como población, porcentaje de superficie urbana, porcentaje de área cultivable, superficie de playas, de humedales y de otros ecosistemas y PIB per cápita en cuadrículas de 5 km x 10 km. Los índices se normalizan de 1 a 5, siendo el valor más alto el correspondiente a las localizaciones más expuestas a la incidencia de las amenazas procedentes de las dinámicas costeras.

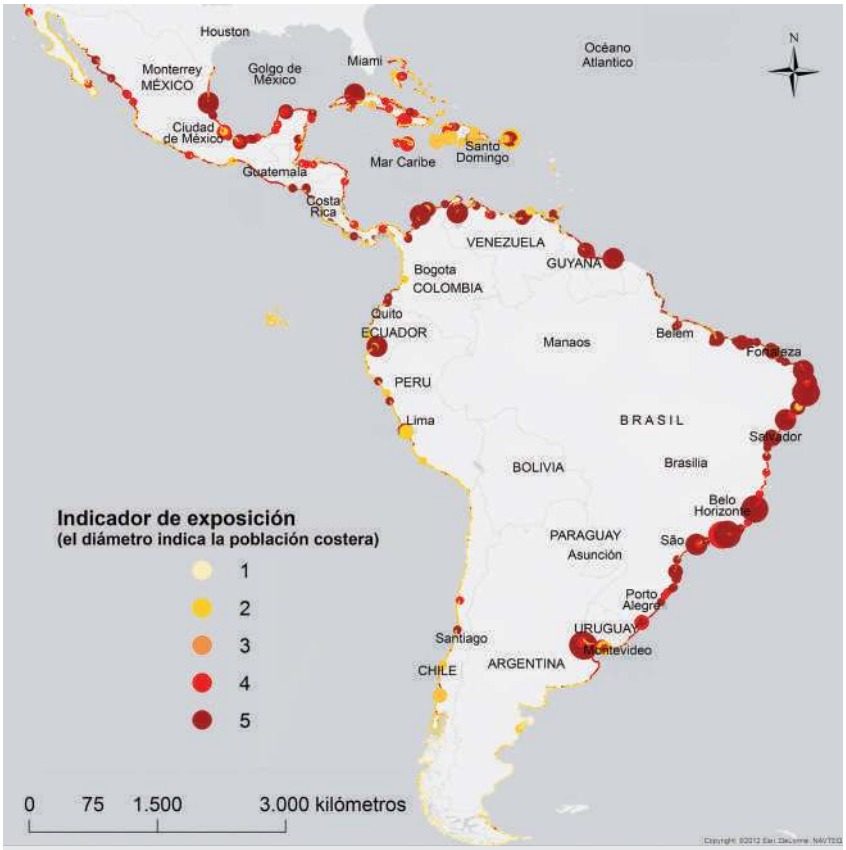


Figura 14.7. Distribución espacial de la exposición frente a las amenazas de las dinámicas costeras. Fuente: Calil *et ál.,* 2017.

Las zonas más expuestas se encuentran en Brasil, México, Colombia y Argentina, y, en general, su mayor peso es debido a la concentración de gran cantidad de población y de actividad socioeconómica representada por el PIB/per cápita. Casi 9.000 km de costa alcanzan el valor máximo de exposición para este indicador, lo que evidencia que, al menos en estos tramos de la costa, existen importantes necesidades de adaptación inmediata.

El uso de índices de vulnerabilidad costera que integran información sobre exposición y vulnerabilidad e incluso amenaza ha sido frecuente en estudios nacionales y locales, por ejemplo, Merlotto *et ál.* (2016) en Buenos Aires (Argentina), Zanetti *et ál.* (2016) en Santos (Brasil), González-Baheza y Arizpe (2018) en La Paz (México) e IDEAM *et ál.* (2017) en Colombia.

Es necesario hacer constar que, en muchos casos, el índice de vulnerabilidad evaluado corresponde más al concepto de riesgo de acuerdo con el marco de este capítulo que realmente al concepto de vulnerabilidad aquí empleado.

14.2.3. Impactos

14.2.3.1. Inundación y pérdida de operatividad en infraestructuras

En cuanto a los impactos de la inundación, el **Capítulo 11** recoge información sobre las zonas de los países RIOCC que han sido más afectadas por inundaciones costeras. En general, el factor de origen climático dominante en la mayor parte de ellas ha sido la sobreelevación del nivel del mar por mareas meteorológicas inducidas por ciclones tropicales o extratropicales, según su localización geográfica, muchas veces combinada con un fuerte oleaje. Otro factor adicional de riesgo lo constituye la existencia de eventos importantes de El Niño/La Niña. Estos generan una sobreelevación del nivel del mar que, junto con las precipitaciones extremas y los cambios en los patrones de viento y oleaje que pueden producirse en algunas zonas, conducen a la acción conjunta del aumento del nivel del mar y del caudal que llega a la parte baja de los ríos. Evidentemente, los mayores riesgos de inundación se producen en zonas de la costa ubicadas en cotas cercanas al nivel medio del mar y se ven agravados en áreas donde la subsidencia del terreno es relevante o donde los asentamientos humanos están en zonas bajas (Wong *et ál.,* 2014).

En cuanto a proyecciones futuras, existen múltiples estudios que abordan el análisis de impactos en términos de exposición a la inundación tanto a escala nacional como regional y local. Es importante destacar que prácticamente la totalidad de los estudios existentes utilizan el aumento del nivel medio del mar como principal mecanismo de amenaza, es decir, no tienen en cuenta los efectos del oleaje o de la

marea meteorológica ni factores de origen geofísico, y que muy pocos integran la vulnerabilidad para evaluar el riesgo (Toimil *et ál.,* 2017a).

Reguero *et ál.* (2015) muestran que, sin adaptación, más de 4 millones de personas se verán expuestas a la inundación por un aumento del nivel del mar relativo a fin de siglo ante el RCP 8.5. Sin embargo, los efectos de El Niño incrementan considerablemente la amenaza sobre los países en la costa del Pacífico. En Perú y Ecuador, la exposición a la inundación a mediados de siglo para un evento similar a El Niño de 1998 sería comparable a la correspondiente al aumento del nivel medio del mar a fin de siglo ante el RCP 4.5. Es decir, la acción conjunta de las amenazas incrementa considerablemente las consecuencias de la inundación.

Además, más de 7,5 millones de personas, 42.600 km^2 de superficie y bienes construidos por valor de 334.000 millones de dólares están hoy día situados en elevaciones por debajo del nivel del mar total correspondiente a 100 años de periodo de retorno. Debido al aumento del nivel medio del mar y a un incremento constante de la población, se estima que a finales de siglo más de 9 millones de personas estarán expuestas a la inundación ante cualquier RCP considerado (Reguero *et ál.,* 2015).

De manera análoga, se pueden evaluar los impactos sobre la operatividad de los puertos. A partir de proyecciones de oleaje y de nivel medio del mar, Camus *et ál.* (2017) evalúan los impactos de pérdida de operatividad e inundación por rebase de infraestructuras de defensa en Chile, donde se proyectan los mayores incrementos de la altura de ola (**Figura 14.5**). El rebase se define a partir del caudal que supera la cota superior de un dique por el efecto conjunto del nivel del mar y el oleaje.

En Camus *et ál.* (2017), el francobordo (distancia entre el nivel del mar y la cota superior del dique) se ha evaluado considerando que todas las obras de defensa, ubicadas potencialmente a lo largo de esa costa, tienen una operatividad del 95 % para un umbral de 0,1 litros/m x s que asegura el tránsito de peatones. Como se observa en la **Figura 14.9,** el francobordo cambia de norte a sur de la región entre 4,5 m y 20,5 m debido al oleaje más extremo que se produce en el sur. El patrón espacial de los cambios en la operatividad refleja la vulnerabilidad de las obras de protección por el aumento del nivel medio del mar combinado con la severidad del oleaje proyectado al futuro. En la costa norte de Chile se proyecta un mayor impacto del cambio climático con aumentos de entre 600-800 horas/año sobre el umbral de rebase definido debido a francobordos más pequeños. Sin embargo, en el sur estos incrementos son del orden de 200 horas/año a causa de mayores francobordos. Este aumento de horas/año de rebase implica una pérdida de operatividad del puerto.

En este análisis se han incluido proyecciones del oleaje. No obstante, es el nivel medio del mar el factor dominante en los cambios en la operatividad por rebase. Es importante señalar que, además de por rebase, la pérdida de operatividad en puertos puede tener lugar por agitación debida al oleaje, por viento o por la combinación de ambos.

14.2.3.2. Erosión costera

Un análisis detallado de los problemas de erosión existentes en los países RIOCC muestra que estos no distan sustancialmente de los que ocurren en otras costas del mundo. Obedecen fundamentalmente a la intervención del hombre sobre el suministro de sedimento, a una inadecuada planificación o a la propia morfodinámica de las zonas afectadas y

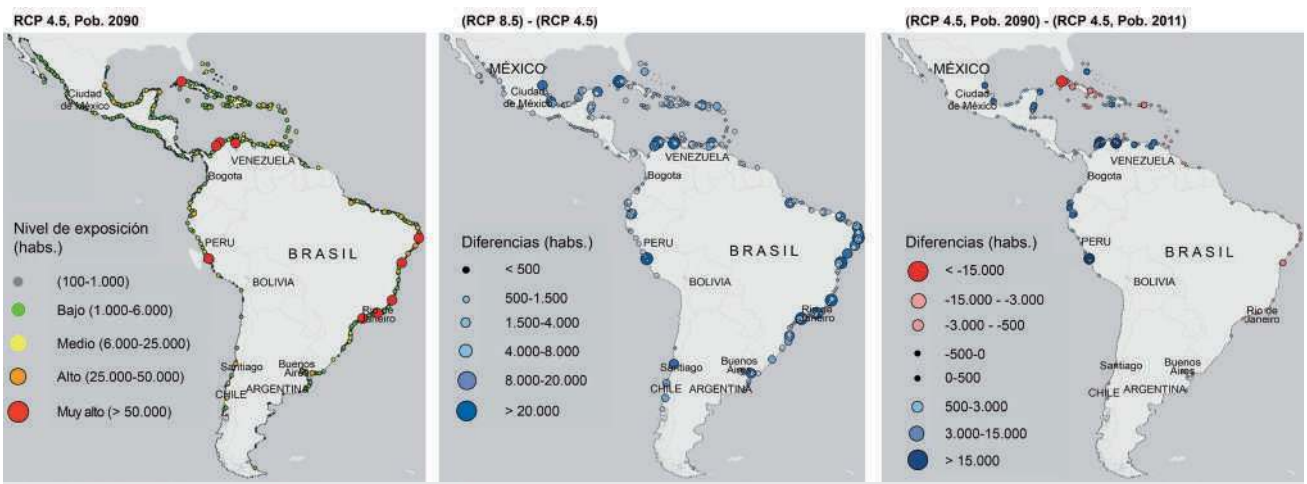


Figura 14.8. Cambios en la población expuesta frente a inundación ante diferentes RCP y con población actual y proyectada a 2090.
Fuente: Reguero *et ál.,* 2015.

Tabla 14.1. Exposición (superficie, población y capital construido) frente a la inundación por aumento del nivel medio del mar y eventos extremos ante diferentes RCP a mediados y finales de siglo. Fuente: Reguero *et ál.,* 2015.

	Escenario	Exposición				
		Superficie inundada ($x10^3$ km^2)	Población (10^6 habitantes)		Capital construido ($x10^9$ 2011 USD)	
			2011	Proyectada	2011	Proyectado
Inundación permanente por aumento del nivel medio del mar (ANMM)	$ANMM_{2050}$	3,16	1,70	2,01	67,0	178,2
	$ANMM_{2090}$RCP 4.5	5,33	2,85	3,05	112,5	1.529,8
	$ANMM_{2090}$RCP 8.5	7,09	3,82	4,09	150,4	2.056,7
Inundación por eventos extremos (EE) y ANMM	$EE_{100,\ 2011}$	33,87	7,53	8,89 *(2050)* 8,03 *(2090)*	299,1	819,4 *(2050)* 4.227,8 *(2090)*
	$EE_{100,\ 2050}$	42,62	8,40	9,92	334,4	926,6
	$EE_{100,\ 2011}$ +$ANMM_{2090}$RCP 4.5	44,12	8,42	9,00	335,4	4.825,0
	$EE_{100,\ 2011}$ +$ANMM_{2090}$RCP 8.5	48,06	8,72	9,32	347,7	5.036,4

a su respuesta ante procesos climáticos y meteorológicos. Los procesos erosivos permanentes, tanto a nivel local como regional, se deben a procesos de subsidencia tectónica, cambios en los usos del suelo, déficit en el transporte de sedimentos originados por la construcción de infraestructuras o la deforestación y fragmentación de ecosistemas costeros (Silva *et ál.,* 2014). Silva *et ál.* (2014) recogen un resumen de problemas erosivos de diferente origen a lo largo de la costa de Latinoamérica, entre los que se encuentran los debidos a eventos extremos asociados a huracanes.

Existe también un número reducido de trabajos que abordan la erosión costera a nivel nacional, fundamentalmente por falta de prácticas habituales de monitorización de la costa. Solari *et ál.* (2018), utilizando datos de reanálisis histórico de las dinámicas y un número limitado de observaciones, evalúan numéricamente la vulnerabilidad de la costa uruguaya frente a la erosión. Sus resultados muestran que, aunque existe una componente eólica de contribución a la erosión, el retroceso de la línea de costa está dominado por el transporte longitudinal inducido por el oleaje en la costa. La vulnerabilidad frente a la erosión se estima combinando indicadores relacionados con la tasa de transporte de sedimentos y el valor de la infraestructura localizada tras la playa.

En un reciente y detallado estudio del Ministerio do Meio Ambiente de Brasil

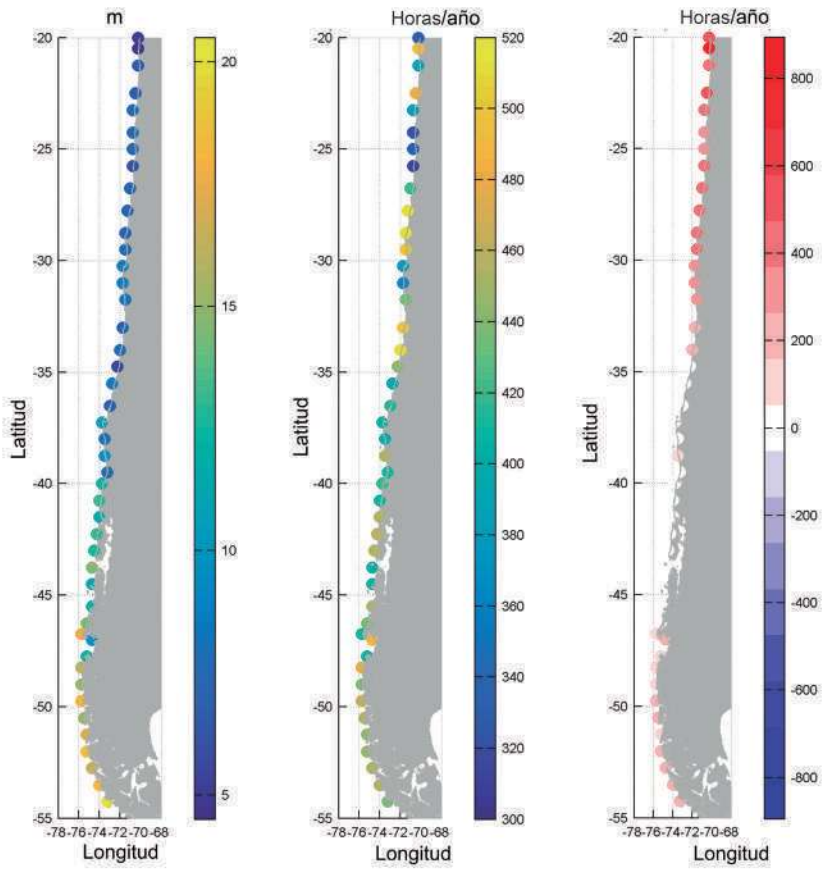


Figura 14.9. Proyecciones de impactos sobre infraestructuras de defensa de la costa por rebase en el Pacífico Sur: a) francobordo potencial correspondiente a una obra de defensa con una operatividad del 95 % para un umbral de 0,1 litros/m x s que asegura el tránsito de peatones; b) número de horas anuales que el rebase excede el umbral de 0,1 litros/m x s, y c) cambios en la operatividad en horas anuales para el periodo 2070-2100 con respecto a 1979-2005. Fuente: Camus *et ál.,* 2017.

(MMA, 2018) se muestra que, en el Norte y parte del Nordeste del país, alrededor del 60 al 65 % de la costa está en proceso de erosión, mientras que en el Sudeste y Sur este porcentaje es mucho menor, del orden del 15 %. No obstante, cabe señalar que en Río de Janeiro y Río Grande do Sul existe un alto porcentaje de tramos que muestran signos de erosión. En general, no hay estudios en la región que puedan atribuir la erosión observada al cambio climático.

Posada y Henao (2008) identificaron las siguientes actividades antrópicas que producen impacto sobre los procesos de erosión costera en el Caribe colombiano: deforestación de ecosistemas costeros, relleno de tierras litorales, extensión de áreas portuarias, construcción de marinas, infraestructura en la línea de costa, represamiento de ríos, sistemas de irrigación en las cuencas, dragado de canales en los ríos para el control de las inundaciones, extracción de agregados para construcción, extracción de arenas para rellenos de playas, infraestructuras de protección duras paralelas y perpendiculares a la línea de costa y relleno de playas. Los autores identificaron que, aproximadamente 420 km, es decir, aproximadamente un 25 % del total del Caribe colombiano, se encuentra en proceso de erosión. En el mismo año, Invemar y otras entidades ambientales del Estado desarrollaron el plan de acción para abordar la Erosión Costera en el país de 2009 a 2019, denominado Programa Nacional de Investigación para la prevención, mitigación y control de la erosión costera en Colombia (PNIEC). En el PNIEC identifican aquellos sectores de los municipios que presentan niveles de erosión críticos que requieren atención inmediata (40 en el Caribe y ninguno en el Pacífico), se describe el contexto regulatorio nacional y se establecen las estrategias, metas, actividades y agentes responsables (Guzmán *et ál.,* 2008). En la actualidad, Colombia cuenta con el Plan Maestro de Erosión Costera (PMEC). Con horizonte en 2030, el PMEC proporciona a instituciones gubernamentales y actores con competencias en el ámbito marino-costero la orientación y las herramientas necesarias para adoptar medidas frente a la erosión costera (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). El PMEC sitúa a la ciudad de Cartagena de Indias como uno de los puntos más críticos del país, donde la pérdida de playas está en el orden de 0,5 a 5 m/año.

En cuanto al futuro se refiere, existe varios análisis que proyectan la erosión a fin de siglo considerando el aumento de nivel medio del mar como forzador principal.

Ante un escenario de un aumento del nivel medio del mar global de 0,4 m a fin de siglo con respecto a 1995, Hinkel *et ál.* (2013), utilizando el modelo global DIVA, establecen que, en ausencia de medidas de adaptación, Brasil y México están entre los 5 países del mundo con una mayor pérdida de superficie de costa por erosión. El costo de esta pérdida lo estiman aproximadamente en 4 millones de dólares/año para el primero y 2,5 millones de dólares/año para el segundo, estando asociado al costo unitario del uso del suelo en cada zona.

Martins *et ál.* (2017) estiman la vulnerabilidad de la costa frente a la erosión inducida por el aumento del nivel medio del mar en la costa de Pernambuco. Tanto en Hinkel *et ál.* (2013) como en Martins *et ál.* (2017), el análisis se realiza considerando numerosas simplificaciones y el efecto del aumento del nivel medio del mar mediante la regla de Bruun (1962).

Toimil *et ál.* (2017b) proponen una metodología para abordar el análisis de la erosión costera inducida por el cambio climático a escala regional O (100 km) con datos climáticos de alta resolución para reconstruir la línea de costa históricamente y a lo largo del siglo XXI. La metodología propuesta combina modelos de perfil de equilibrio para evaluar el retroceso de la línea de costa por efecto del oleaje local, la marea meteorológica, la marea astronómica y el aumento del nivel medio del mar. La metodología se ha aplicado en 57 playas de arena encajadas de la costa del Principado de Asturias (España).

Colombia fue uno de los primeros países de América Latina y Caribe en evaluar su vulnerabilidad al aumento relativo del nivel del mar, identificando Cartagena de Indias en el Caribe como la ciudad más vulnerable (INVEMAR, 2003). A partir de entonces, se han venido realizando otras investigaciones a menor escala y en algunos casos, planes de adaptación.

14.2.3.3. Pérdida de servicios ecosistémicos

Uno de los servicios más importantes que prestan los ecosistemas costeros (arrecifes de coral, humedales, praderas y manglares) es la atenuación del oleaje y de la marea meteorológica, así como la estabilización de la costa, gracias a su capacidad de atrapar y mantener el sedimento. Un conjunto de trabajos recientes ha demostrado la efectividad de estos ecosistemas para proveer este servicio.

Ferrario *et ál.* (2014) muestran que los arrecifes de coral pueden llegar a atenuar hasta un 97 % de la energía del oleaje incidente.

En un metaanálisis más completo, con 69 estudios de 5 hábitats diferentes (arrecifes de coral, manglares, humedales, praderas/macroalgas), Narayan *et ál.* (2016) muestran que, en promedio, estos hábitats reducen la energía del oleaje significativamente entre un 70 % y un 30 %, con un nivel de capacidad de reducción del siguiente orden: corales, humedales, manglares y finalmente, praderas/macroalgas.

Por tanto, los impactos del cambio climático (aumento del nivel medio del mar, acidificación, aumento de temperatura, eventos extremos) o de la acción del hombre (contaminación, cambio de usos del suelo, etc.) susceptibles de conducir a una pérdida de la efectividad de estos ecosistemas, ya sea por su desaparición o degradación, necesariamente conducirán a un aumento de los riesgos de inundación y erosión.

Además, algunos de estos ecosistemas aportan otro tipo de servicios ecosistémicos, incluyendo turismo, alevinaje, recreación, secuestro de carbono, biodiversidad, etc., que se verán comprometidos por efecto del cambio climático.

En el **Capítulo 4** se hace un resumen de los diferentes impactos que el cambio climático puede producir sobre los ecosistemas costeros. La evaluación de dichos impactos es esencial como paso preliminar para la evaluación de los riesgos asociados.

14.3. Principales riesgos y consecuencias del cambio climático

14.3.1. Sistema socioeconómico

El sistema socioeconómico costero está integrado por una elevada población con diferentes condiciones de vulnerabilidad frente a las amenazas climáticas, ciudades y asentamientos rurales, infraestructuras fundamentales y críticas en el sector de la economía y el transporte, y sectores económicos tales como ganadería, agricultura, turismo y otros. Por tanto, la evaluación de los riesgos del cambio climático sobre este sistema ha venido siendo el primer paso fundamental para acometer los proyectos de adaptación necesarios para mantener niveles de riesgos que se consideren aceptables.

No son muchos los estudios que en los países RIOCC han integrado los diferentes elementos que componen el marco del riesgo por las siguientes razones: a) el alto requerimiento de datos para describir la amenaza, exposición y vulnerabilidad y sus proyecciones; b) la falta de los recursos, herramientas y capacidades necesarios para el modelado de los impactos; c) la carencia de metodologías que incluyan de manera explícita la cascada de incertidumbres y lo que ello implica en la transmisión de los resultados a los tomadores de decisiones y sociedad general, y d) la falta de capacidad institucional.

Los análisis existentes están presentes en la literatura científica o en la literatura gris, pues son uno de los instrumentos principales desarrollados por muchos de los países RIOCC.

Con cobertura regional e incluso nacional, la mayor parte de los estudios utilizan aproximaciones basadas en índices e indicadores y formulaciones simplificadas para el cálculo de los impactos. A nivel provincial, municipal o local, los análisis demandan información de mayor resolución, pero presentan la ventaja de que los impactos pueden evaluarse con modelos de procesos que reducen considerablemente la incertidumbre.

CEPAL (2012b) y Calil *et ál.* (2017) presentan dos de los pocos estudios en los que se analizan los riesgos y consecuencias del cambio climático en la costa de América Latina y Caribe cubriendo toda la región. Calil *et ál.* (2017) integran los índices de exposición y vulnerabilidad anteriormente descritos, con un índice de amenaza para obtener un índice de riesgo que permite identificar dónde se encuentran en el presente las zonas con mayor riesgo en las costas de América Latina y Caribe. Los resultados muestran que las zonas con mayor riesgo, considerando un índice integrado de exposición y vulnerabilidad que incluye población, porcentaje de superficie urbana, porcentaje de área cultivable, superficie de playas, humedales y otros ecosistemas y PIB per cápita en áreas de 5 km x 10 km, se encuentran repartidas por toda la región. Aproximadamente un 8 % de la población que vive en la costa se encuentra en zonas con mayor índice de riesgo. Aunque Brasil, México y Argentina son los países con mayor población en la costa, son Ecuador, México y El Salvador los países donde se localiza la población con mayor índice de riesgo.

A escala nacional existen también varios estudios con diferentes niveles de desarrollo como, por ejemplo, el elaborado por IDEAM *et ál.* (2017) para evaluar la vulnerabilidad de la costa colombiana frente al aumento del nivel medio del mar.

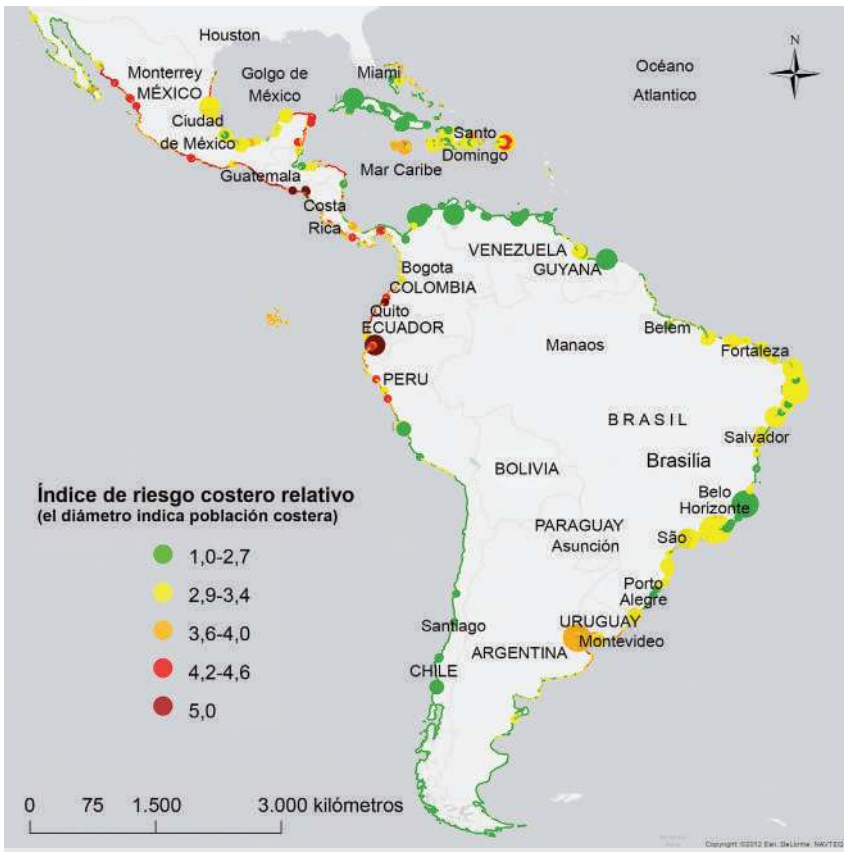


Figura 14.10. Distribución espacial del índice de riesgo costero. Fuente: Calil *et ál.*, 2017.

El más reciente, detallado y completo estudio de la región es el desarrollado por el Gobierno uruguayo (MOVOTMA, 2019), en el que se hace un análisis de los riesgos y consecuencias del cambio climático por inundación y erosión en toda la costa del país. Para los RCP 4.5 y RCP 8.5 y los horizontes 2050 y 2100, la población afectada por la inundación en la costa uruguaya se incrementa entre un 24 % y un 300 % con respecto a la población presente, según el caso considerado. El daño anual esperado por inundación de los activos construidos es de 20 (16,9-25,5) millones de dólares para el RCP 8.5 y horizonte 2100, mientras que para el mismo escenario y horizonte el daño anual esperado por erosión, considerando los servicios de protección y turísticos ofrecidos por las playas, se estima en 56,6 (54,6-58,9) millones de dólares.

En España, Toimil *et ál.* (2017a) describen una metodología que combina información climática de alta resolución espaciotemporal, datos locales de exposición para una serie de sectores estratégicos, funciones de vulnerabilidad específicas y la valoración de las consecuencias del riesgo de inundación con una resolución espacial de 5 m. Esta investigación aborda la importancia de incorporar las defensas costeras y los efectos locales del oleaje en puertos, el tratamiento de datos a diferentes escalas espaciales y para diferentes sectores, y el impacto del descuento sobre las consecuencias a lo largo del tiempo. Los resultados proporcionan información sobre las posibles consecuencias del riesgo de inacción para una serie de escenarios futuros que tienen en cuenta cambios climáticos y socioeconómicos a lo largo del siglo XXI. La metodología se aplica en la costa del Principado de Asturias, con una longitud de unos 200 km, y ha servido como piloto para la aplicación de la Estrategia de Adaptación de la Costa Española al Cambio Climático (Losada *et ál.,* 2019) que está siendo replicada en el resto de Comunidades Autónomas.

Toimil *et ál.* (2018) utilizan los resultados de los impactos de erosión obtenidos en Toimil *et ál.* (2017b) para calcular los riesgos sobre el sector turístico en Asturias. Para ello, establecen una relación entre el valor recreativo de las playas de Asturias que se expresa en términos de su exposición y la vulnerabilidad. A partir de su integración con la erosión proyectada se calcula el riesgo, que, en este caso, se expresa como pérdida anual y acumulada de valor recreativo en cada una de las playas consideradas. Así, establecen que la pérdida acumulada de valor recreativo de todas playas de Asturias en su conjunto, a fin de siglo y para el RCP 8.5 en ausencia de adaptación, es de aproximadamente 4.000 millones de euros.

El PBMC (2016) realiza un análisis detallado del efecto del cambio climático en las principales ciudades de Brasil, considerando como impacto principal la inundación debida al aumento del nivel medio del mar y a los eventos hidrometeorológicos extremos. El informe recoge un exhaustivo análisis de eventos de inundación históricos, proyecciones de los agentes climáticos principales y una evaluación detallada de la exposición, la vulnerabilidad y los impactos en Fortaleza, Recife, Salvador, Río de Janeiro, Santos y Vale do Itajaí.

Los análisis relativos a otros sectores clave en la costa, como son pesquerías, acuicultura, agricultura, turismo y salud, pueden encontrarse en los capítulos correspondientes de este informe.

14.3.2. Sistemas naturales

14.3.2.1. Arrecifes de coral

El **Capítulo 4** recoge un resumen sobre los impactos que el cambio climático puede causar sobre los arrecifes de coral. Desde el punto de vista de protección de la costa, uno de los problemas mayores radica en los daños que se pueden producir sobre ellos y su consiguiente mortalidad (Osorio-Cano *et ál.,* 2017). Existen evidencias de que, debido al incremento de periodos con temperatura superficial del mar más alta, los episodios de blanqueamiento han aumentado en frecuencia (Wong *et ál.,* 2014). Asimismo, existen estudios que demuestran que para preservar más del 10 % de los arrecifes de coral en el mundo sería necesario limitar el calentamiento global por debajo de 1,5 ºC (Frieler *et ál.,* 2012). De manera más específica para la región, Van Hooidonk *et ál.* (2015), utilizando modelos para proyectar los eventos de blanqueamiento, obtienen que se producirán eventos anuales de blanqueamiento severos a lo largo del este siglo, poniendo en riesgo de degradación a más del 90 % de los arrecifes del mundo en el largo plazo. Concretamente, los resultados indican que, en zonas del norte de Yucatán, nordeste de Cuba, norte y sur de República Dominicana y en el norte de Colombia, los eventos de blanqueamiento anual severos tendrán lugar antes de 2030. De promedio, arrojan que para el 75 % de los arrecifes de coral en el Caribe los eventos de blanqueamiento anual severos se producirán entre 2035 y 2050.

Bajo estas circunstancias e incluso ante escenarios optimistas de adaptación de los corales al estrés térmico producido por el calentamiento, es evidente que su degradación conllevará una pérdida importante de servicios de protección, conduciendo a mayores impactos por inundación y erosión de las zonas costeras situadas a su abrigo. Beck *et ál.* (2018) realizan una valoración de las consecuencias de la pérdida teórica de 1 m de la cresta de los arrecifes de coral sobre la población y el capital construido. El beneficio anual obtenido frente a la inundación gracias a los arrecifes de coral en términos de daños anuales evitados sobre el capital construido se valora en 452 millones de dólares anuales para México, 401 millones para Cuba y 96 millones para República Dominicana. Es decir, la disminución del servicio de protección de los arrecifes de coral obligaría a los países a realizar inversiones en adaptación para evitar dichas pérdidas económicas o la búsqueda de alternativas de uso del territorio. El análisis con escenarios de aumento del nivel medio del mar muestra que los daños serían todavía mayores. Estas proyecciones incluyen únicamente el aumento en la temperatura. Se ha publicado muy poco sobre los impactos de la acidificación del océano en los arrecifes de coral de la región. Estudios en otras regiones sugieren que la acidificación podría debilitar

los esqueletos coralinos, y por tanto hacerlos más frágiles (Mollica *et ál.,* 2018), disminuyendo aún más su capacidad de protección.

Toda esta problemática se está viendo acelerada por la degradación de los arrecifes debida a efectos antrópicos, tales como daños directos sobre los mismos o la pérdida de calidad de las aguas costeras. Reguero *et ál.* (2019) cuantifican el riesgo de inundación sobre la población, el capital construido y la infraestructura hotelera asociado a la degradación ambiental del Arrecife Mesoamericano en la región de Quintana Roo (México). Su estudio demuestra que, en zonas de arrecifes coralinos, la contribución de la degradación de los arrecifes al riesgo costero puede ser mayor que la propiamente debida al aumento del nivel medio del mar.

La conservación, especial protección y restauración de los arrecifes de coral son medidas esenciales para evitar su degradación y mantener los servicios ecosistémicos (Beck *et ál.,* 2018).

14.3.2.2. Manglares

Los bosques de manglar se distribuyen en zonas de oleaje poco energético en las costas tropicales y subtropicales del mundo, siendo capaces de soportar altos niveles de salinidad e inundación. En el Caribe, varios autores han investigado los impactos de los huracanes sobre diferentes especies de manglar (Piou *et ál.,* 2006), la mayoría en Florida, obteniendo conclusiones contradictorias.

Los ecosistemas marino-costeros han sobrevivido a variaciones en el nivel del mar, impactos de tormentas, huracanes, tsunamis y otros cambios a través de su historia y evolución durante milenios. A pesar de no tener relación directa con el cambio climático, es necesario poner de manifiesto el papel de los manglares como estrategia de defensa costera, particularmente después del tsunami de 2004. Sin embargo, es importante destacar que los estudios realizados evidencian la ausencia de información clave para la toma de decisiones y que dicha literatura científica ha surgido principalmente en Asia (Lacambra, 2010; Sudmeier-Rieux, 2018).

A pesar de que Iberoamérica tiene una cobertura total de aproximadamente 40.000 km^2 de manglar (Spalding *et ál.,* 2010), la investigación de estos ecosistemas en la región se ha enfocado principalmente en su fisiología, taxonomía, biodiversidad y pesquerías, y en los últimos años, en el secuestro de carbono, también conocido como carbono azul.

Lacambra *et ál.* (2008) revisaron la literatura científica relacionada con el rol de los ecosistemas costeros durante eventos extremos e identificaron que en el neotrópico, así como en otras zonas tropicales, los eventos extremos son parte de la historia de vida de los corales y manglares, y el impacto y, por tanto, su respuesta pueden atribuirse a cuatro factores generales: i) las características únicas de cada evento; ii) la geomorfología y las dinámicas costeras propias de cada zona; iii) la ubicación de los ecosistemas con respecto a las fuerzas perturbadoras, y iv) la estructura del ecosistema y la composición de sus especies. Los impactos varían desde su destrucción total hasta el no impacto en absoluto. Aun así, independientemente de la magnitud del evento, la tendencia de los ecosistemas es a recuperarse si se dan las condiciones para ello.

A pesar de la frecuencia de tsunamis y huracanes en Centro y Sudamérica y el Caribe, existen muy pocos estudios sobre el impacto de dichos eventos en los ecosistemas costeros. Se han publicado estudios sobre los impactos del huracán Mitch (1998) en Centroamérica. Específicamente, los ecosistemas de manglar de ambos lados del istmo fueron impactados por el huracán por diferentes procesos. Los ecosistemas de manglar del Pacífico sufrieron las lluvias y las inundaciones provenientes de las cuencas altas, ocasionándoles enterramiento, mientras que los ecosistemas del Caribe fueron afectados por las olas y el viento, que derribaron y defoliaron sus árboles (Lacambra, 2010).

El impacto de los huracanes sobre estos ecosistemas no es lineal, y tampoco su recuperación, la cual depende de la especie, de las plántulas supervivientes, del estado, de la salud y de la composición general del ecosistema, siendo la altura de los árboles y la composición de los eventos las características más comúnmente registradas como relevantes en la literatura. La primera está relacionada con la resistencia al viento y las olas y la segunda, con las diferentes estrategias de vida de las especies impactadas (Lacambra, 2010; Lacambra *et ál.,* 2013). En Lacambra (2010), Lacambra *et ál.* (2013) y Spalding *et ál.* (2014) se relacionan más características y condiciones de los bosques de manglar asociadas a impactos de eventos extremos.

Bernal *et ál.* (2016) estudiaron el efecto de los eventos extremos de oleaje y marea meteorológica sobre tres tipos de ecosistemas costeros (manglares, playas y arrecifes de coral) en cuatro localidades del Caribe colombiano. Por ejemplo, los cambios en los manglares de la bahía Portete fueron analizados a partir de fotografías aéreas del antes y el después de la tormenta tropical César (1996). Durante los años posteriores a la tormenta, se identificaron zonas de erosión localizadas, cambios en la composición de la vegetación relacionados con la caída de grandes árboles y la posterior recolonización por otras especies y cambios en la composición del suelo provocados por la inundación.

En un análisis global sobre los servicios de protección proporcionados por los bosques de manglar, Menéndez *et ál.* (2020) concluyen que México y Brasil son los países de la región donde los manglares proporcionarían la mayor reducción de la exposición a inundación al año, potencialmente reduciendo el riesgo de inundación a 300.000 y 400.000 personas en México y Brasil, respectivamente, y el de la pérdida de 9.000 millones de dólares de propiedades en México.

14.3.2.3. Playas, islas barrera y sistemas dunares

Como se ha explicado anteriormente (sección **14.2.3.2**), existen diferentes estudios que han analizado los problemas de erosión en playas, islas barrera y sistemas dunares, tan comunes en la región. La mayor parte de esta erosión es producto de la acción del hombre o de eventos extremos y variabilidad climática. Son pocos los estudios que han realizado un análisis de las proyecciones de la erosión y casi inexistentes los que han formulado los impactos de erosión en términos de riesgo o de consecuencias sobre el sistema natural o socioeconómico. Los disponibles se han recogido en el apartado **14.3.1.**

14.4. Adaptación en la costa

14.4.1. Necesidades de adaptación

Ante los impactos en la costa anteriormente descritos, resulta evidente que la adaptación es necesaria para mantener o reducir los niveles de riesgo o incrementar la resiliencia de la costa frente a los cambios inducidos por el cambio climático o los eventos extremos. Las necesidades de adaptación en la costa pueden ser de muy diversa índole y, de acuerdo con Noble *et ál.* (2014), pueden clasificarse como a) necesidades físicas y ambientales; b) necesidades sociales; c) necesidades institucionales; d) necesidades de involucrar al sector privado, y e) necesidades de información, capacitación y recursos.

A continuación, se diferenciará entre adaptación planificada y autónoma. Se entiende como adaptación planificada aquella que requiere una intervención deliberada para cumplir con las necesidades u objetivos de la adaptación. Es la dominante en costas altamente pobladas. Frente a ella, la adaptación autónoma se caracteriza por la ausencia de una intervención externa para que se produzca la adaptación a las nuevas condiciones del sistema.

14.4.2. Opciones de adaptación

La adaptación planificada implica la programación e implementación de un conjunto de opciones de adaptación orientadas a reducir el riesgo o aumentar la resiliencia del sistema costero. No existe una única clasificación para las diferentes opciones de adaptación disponibles en la costa. De acuerdo con la última clasificación recogida en el AR5, las opciones de adaptación se pueden organizar en tres categorías: 1) opciones estructurales o físicas, 2) opciones sociales, y 3) opciones institucionales. Como puede observarse en la **Tabla 14.2,** cada una de estas opciones puede, a su vez, subdividirse en subcategorías más específicas. En general, se podría decir que las opciones estructurales o físicas son opciones concretas y discretas, bien definidas en espacio y tiempo e implementadas localmente. Aunque algunas opciones sociales también podrían dar respuesta a este criterio, en general, tienen como objetivo principal reducir la vulnerabilidad social. Finalmente, las opciones institucionales responden a aspectos legales, financieros y económicos.

La **Tabla 14.2** muestra ejemplos concretos de opciones de adaptación en la costa, encuadrados de acuerdo con la clasificación anterior.

En informes anteriores del IPCC (IPCC, 2007) y en otra literatura, las opciones de adaptación en la costa se organizan también atendiendo a cuatro grandes grupos: 1) protección, 2) acomodación, 3) retroceso, y 4) avance.

Se definen las opciones de protección como aquellas que tienen como fin último proteger las zonas en riesgo parte del sistema socioeconómico o natural, tratando de evitar que se produzcan los impactos derivados de la inundación, erosión, intrusión salina, etc., mediante la reducción de las amenazas (peligrosidad) y especialmente de la exposición (Adger *et ál.,* 2007). Un caso especial que suele considerarse de forma separada son las opciones de avance en las que, de modo artificial, se avanza la línea de costa para contrarrestar la pérdida de terreno por erosión o la intrusión salina o para minimizar los efectos de la inundación.

Las opciones de acomodación son aquellas que, manteniendo los elementos potencialmente en riesgo de las zonas afectadas, priorizan la reducción de su vulnerabilidad mediante la modificación de usos del suelo, la introducción de normativa específica para las infraestructuras y viviendas o la adopción de medidas que aumenten la preparación de los elementos expuestos ante los posibles impactos (Adger *et ál.,* 2007).

Finalmente, las opciones de retroceso se basan en el abandono planificado de las zonas susceptibles de verse afectadas por los impactos del cambio climático o de los riesgos extremos en la costa (Adger *et ál.,* 2007). Dentro de cada una de ellas existen diferentes alternativas que pueden aplicarse de forma individual o combinada y cuya implementación dependerá de las capacidades tecnológicas y de los marcos legal y financiero, así como de las políticas de gestión de la costa vigentes en cada momento.

Evidentemente, cualquiera de las opciones que se consideran dentro de esta clasificación se pueden incluir dentro de las categorías contenidas en la **Tabla 14.2.**

14.4.3. Actividades de adaptación planificada

14.4.3.1. Estructurales físicas

Soluciones ingenieriles convencionales

Entre las opciones estructurales físicas se encuentran las estructuras convencionales de ingeniería orientadas, funda-

Tabla 14.2. Categorías de opciones de adaptación y ejemplos para la costa. Fuente: MITERD (2017).

Opciones de adaptación: categorías		Ejemplos aplicables a la costa
Estructurales/ físicas	Ingeniería	Obras de protección; regeneración de playas y dunas, adaptación de infraestructuras y equipamientos situados en la costa, códigos de edificación.
	Tecnología	Elaboración de diagnósticos con técnicas y datos de última generación, sistemas de alerta temprana, monitorización estandarizada de indicadores de cambio climático y sus impactos; introducción de cultivos con tolerancia a aguas salobres.
	Basadas en ecosistemas	Restauración y conservación de humedales y marismas, incremento de la diversidad biológica; soluciones basadas en los servicios prestados por los ecosistemas costeros.
	Servicios	Adaptación de infraestructuras asociadas a la provisión de servicios básicos a nivel municipal (agua, electricidad, transporte, comunicaciones).
Sociales	Educación	Concienciación e integración en programas educativos, formación y capacitación técnica; creación de plataformas de intercambio de información y buenas prácticas, creación de redes de cooperación e investigación, celebración de eventos, talleres, conferencias específicas.
	Información	Elaboración de mapas de peligrosidad, vulnerabilidad, riesgo; generación de bases de datos de alta resolución de indicadores fundamentales; sistemas de alerta y respuesta temprana; monitorización sistemática de la costa; elaboración de nuevas proyecciones de alta resolución para la costa; desarrollo de nuevos escenarios.
	Comportamiento	Acomodación; protocolos de evacuación, retroceso, relocalización; diversificación de actividades en zonas costeras; cambios en prácticas agrícolas, ganaderas y pesqueras.
Institucionales	Economía	Incentivos financieros incluidos impuestos y subvenciones; seguros; evaluación económica de los servicios prestados por ecosistemas.
	Leyes y regulaciones	Planificación territorial; códigos de construcción y edificación; gestión del agua; protección civil; gestión de concesiones; áreas protegidas.
	Políticas y programas gubernamentales	Planes sectoriales; planes de adaptación multinivel (de local a internacional); programas de gestión de riesgos; gestión integrada de zonas costeras; gestión de cuencas hidrográficas; directivas.

mentalmente, a la protección de la línea de costa a través de la construcción de estructuras rígidas (p. ej., diques rompeolas, espigones, diques exentos o sumergidos, etc.). Su función esencial es evitar la inundación y erosión. También se han venido incluyendo entre ellas las basadas en alguna forma de gestión del sedimento, conocidas como soluciones ingenieriles blandas (p. ej., restauración y conservación de dunas, regeneración de playas y el control de la sedimentación natural). Sin embargo, recientemente, estas últimas se han integrado en lo que se conoce como infraestructuras verdes, que comprenden también algunas soluciones basadas en ecosistemas. Entre las medidas críticas para el avance de la línea de costa, la más común de ellas son los rellenos. En los países RIOCC la construcción de estructuras rígidas y, sobre todo, la regeneración de playas y sistemas dunares han sido las actuaciones dominantes. Sin embargo, es necesario decir que prácticamente la totalidad de estas actuaciones se ha dirigido a la protección o recuperación frente a eventos extremos o a la reducción de los impactos de la acción humana y no realmente a la adaptación.

Soluciones basadas en la naturaleza

La adaptación costera basada en ecosistemas se fundamenta principalmente en el uso de los servicios ecosistémicos de protección, provisión y regulación provistos por los ecosistemas costeros. Por tanto, se orienta hacia la gestión sostenible, la restauración y la conservación de arrecifes de coral, humedales, praderas (pastos) o bosques de manglar. La infraestructura verde se considera una solución que responde a las demandas económicas, sociales y de desarrollo al tiempo que garantiza el funcionamiento de los ecosistemas (Snäll *et ál.,* 2016). Si bien el concepto de infraestructura verde es muy amplio, puede entenderse como construcciones naturales, seminaturales o artificiales que contribuyen a la conservación o restauración de las funciones biológicas y a la mejora de los servicios ecosistémicos (Silva *et ál.,* 2017).

Los principales beneficios atribuidos a los proyectos de implementación de infraestructura verde incluyen el aumento de la resiliencia de las comunidades directamente dependientes de estos ecosistemas, la provisión de servicios ecosistémicos, la recuperación o conservación de biodiversidad, los cobeneficios de mitigación (carbono azul), la reducción de los efectos negativos de las infraestructuras grises y la aplicación de medidas correctoras, junto con la creación de espacios multifuncionales y una mejora en las oportunidades de recreación y actividades económicas (Silva *et ál.,* 2017). Además de las ventajas derivadas de sus cobeneficios ambientales, sociales y económicos, también presentan una mayor flexibilidad o costo reducido frente a

infraestructuras de defensa de la costa convencionales. Otro aspecto adicional a considerar es que los sistemas vegetales también contribuyen de forma importante a la mitigación del cambio climático gracias a su función como sumideros de CO_2 (Duarte *et ál.,* 2013). No obstante, la ABE no está exenta de algunas limitaciones o restricciones, particularmente relacionadas con la ausencia de datos, códigos e información específica sobre las características que deben tener estas infraestructuras naturales en su rol de protección o disminución del riesgo.

Asimismo, y aunque existe una gran experiencia en restauración, los proyectos de implementación realizados en el campo orientados a los servicios de protección son limitados (Narayan *et ál.,* 2016). Esto conduce a una falta de experiencia en la fiabilidad de estos sistemas como alternativa real a soluciones ingenieriles convencionales. Esta falta de experiencia conlleva la ausencia de protocolos estándar que permitan considerar este tipo de soluciones como una alternativa real a las infraestructuras convencionales para reducir los impactos de la erosión e inundación en zonas con alta exposición y vulnerabilidad. Por ello, en los últimos años se ha venido desarrollando la idea de soluciones híbridas como combinación de soluciones basadas en la naturaleza y otro tipo de opciones para cubrir las necesidades de adaptación.

En este marco e integrando las diversas soluciones anteriores bajo el concepto de infraestructuras verdes, se han venido desarrollando diferentes iniciativas en la región. Silva *et ál.* (2017) recogen un resumen sobre algunas iniciativas que están llevando a cabo diferentes países RIOCC.

La **Tabla 14.3** categoriza los tipos de infraestructura verde según su grado de naturalidad y proporciona ejemplos de su aplicación en América Latina y Caribe para combatir los riesgos de erosión e inundación y para fomentar la recuperación de ecosistemas, la provisión de servicios ecosistémicos, la conservación de la biodiversidad y el bienestar humano.

Tecnología

Dentro de este ámbito son escasas las iniciativas que se han desarrollado en los países RIOCC, que han sido financiadas, fundamentalmente, por fondos multilaterales o de cooperación internacional. Existen varias iniciativas, destinadas sobre todo a la elaboración de diagnósticos del riesgo, la generación de información climática relevante, la implementación de sistemas de monitorización, o el desarrollo y evaluación de indicadores de cambio climático. En este sentido destacan el diagnóstico de los riesgos derivados del cambio climático de CEPAL (2014); el diagnóstico de vulnerabilidad de Cartagena de Indias al cambio climático desarrollado por INVEMAR entre 2005-2010; la investigación en las lagunas costeras del Caribe colombiano y la resiliencia de los ecosistemas y sus comunidades, financiada por NERC e implementada por varias instituciones nacionales y del Reino Unido; el análisis de la vulnerabilidad de Guayaquil al cambio climático financiado por la CAF; el plan de Acción de Buenos Aires desarrollado por el Gobierno de Buenos Aires, y el plan de manejo de inundaciones de la ciudad de Santos por el Banco Mundial, entre otras iniciativas. Aunque la rigurosidad científica de estos instrumentos es altamente

Tabla 14.3. Clasificación de infraestructuras verdes y aplicaciones de América Latina. Fuente: adaptado de Silva *et ál.,* 2017.

Tipo de infraestructura verde	Definición	Ejemplos
Basada en ecosistemas naturales	Conservación y restauración de hábitats que pueden ir acompañadas de otras medidas para aumentar la resiliencia de los ecosistemas.	Restauración de humedales para recuperar biodiversidad y servicios hidrológicos (México). Rehabilitación de dunas para aumentar la resiliencia frente a inundaciones y la biodiversidad (Brasil).
Basada en ecosistemas artificiales	Rehabilitación de ecosistemas. Características naturales, como la vegetación, pueden modificar los ecosistemas para devolverlos a una forma más natural.	Construcción de un arrecife de coral artificial para recuperar superficie de playa (México).
Ingeniería blanda	Alteración de las medidas tradicionales de ingeniería dura para cambiar los procesos físicos, y ciertos beneficios pueden obtenerse indirectamente de los procesos naturales que se mantienen (por ejemplo, la formación de dunas después de una regeneración de playa). Depende de los procesos ecológicos para tener éxito.	Construcción de una duna artificial para proteger frente a ráfagas de arena (México). Empleo de madera de coco como estructura costera de protección frente a inundaciones (Brasil).
Ingeniería dura mejorada ecológicamente	Infraestructura civil tradicional, aunque su diseño incluye adaptaciones para mimetizar el funcionamiento de los sistemas naturales de los ecosistemas.	Cambios en las prácticas de construcción como consecuencia de un plan de zonificación que incorpora la amenaza de tsunami en la clasificación de los usos del suelo (Chile).
Retirada de ingeniería	Eliminación de las estructuras costeras duras y/o blandas para recuperar el sistema y avanzar hacia un funcionamiento más natural.	Rehabilitación de playa con medidas correctoras: eliminación de estructuras (República Dominicana).

variable, se puede decir que al menos la concienciación de los diferentes actores sobre los posibles impactos del cambio climático en las ciudades y asentamientos costeros es mucho más avanzada de lo que era en 2010.

14.4.3.2. Sociales

Bajo este epígrafe se agrupan opciones dirigidas a educación, información y comportamiento. En muchas ocasiones es difícil enmarcar las diferentes opciones bajo un único epígrafe, especialmente porque casi todas integran más de una opción.

En la **Tabla 14.4** se muestran algunas experiencias de adaptación en zonas costeras recogidas por Villamizar *et ál.* (2016) en 13 países de América Central y del Sur, indicando el tipo de acción a nivel nacional. Estas acciones tienen como objetivo fortalecer la capacidad de los tomadores de decisiones y de las instituciones gubernamentales que formulan políticas relacionadas con el cambio climático en todas sus dimensiones, involucrando al sector privado, la sociedad civil, los grupos indígenas y otros actores. Muchas de ellas están orientadas al análisis de riesgos, vulnerabilidad y capacidad adaptativa, y algunas siguen el enfoque de adaptación basado en comunidades (CBA). Por estas razones, aunque algunas de las experiencias recogen acciones que bien se podrían englobar bajo el epígrafe de opciones institucionales o estructurales físicas, se ha optado por incluirlas bajo el epígrafe de sociales.

14.4.3.3. Institucionales

Dentro de la categoría de opciones de adaptación, destacan en la región las que se pueden enmarcar como institucionales. Concretamente, son aquellas específicas de políticas y programas gubernamentales. A este respecto, la conclusión esencial es que la adaptación costera en los países RIOCC se está abordando fundamentalmente con una aproximación de arriba abajo, siendo los gobiernos y Administraciones competentes los que a través de planes y programas están llevando la iniciativa. De hecho, durante los últimos años, muchos países de la costa de Latinoamérica y España han avanzado tanto en la formulación de políticas de cambio climático como en el desarrollo de instituciones específicas en la materia (Perdomo, 2012).

En diciembre de 2017, tuvo lugar en Antigua Guatemala un encuentro regional sobre la gestión de los riesgos del cambio climático en la costa de América Latina y Caribe (AECID, 2018). En el encuentro participaron 28 representantes de los Gobiernos de 15 países de la RIOCC, que contribuyeron

Tabla 14.4. Ejemplos de experiencias de adaptación implementadas total o parcialmente en América Central y América del Sur. Fuente: adaptada de Villamizar *et ál.,* 2016.

Países	Experiencias	Resultados	Referencias
Venezuela	Adaptación basada en comunidades (CBA)	Formación básica especializada en gestión de riesgos y sistemas de alerta temprana. Caracterización participativa del riesgo en la comunidad escolar. Transferencia de conocimientos. Desarrollo participativo, validación y puesta en marcha de sistemas de alerta temprana.	Bravo *et ál.* (2010)
Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá	Visión a medio plazo de las zonas costeras	Identificación de estrategias de adaptación que puedan tener éxito y fortalecer la capacidad adaptativa de las zonas costeras. Implementación de proyectos de adaptación centrados en el fortalecimiento de capacidades, evaluación de impactos e investigación de políticas. Integración de la adaptación en planes de desarrollo nacionales.	Vides y Sierra-Correa (2014); Keller *et ál.* (2011)
Argentina, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Honduras, Nicaragua, Perú, Uruguay	Diálogos Nacionales Interministeriales (medidas de adaptación a escala nacional)	Los sectores priorizados para implementar medidas de adaptación son agua (32 %), agricultura (22 %), salud humana (10 %) y áreas costeras (10 %). Fomento de la integración de instrumentos de mitigación y adaptación de planes de desarrollo nacional en presupuestos públicos y planes de inversión privada.	Perdomo (2012)
Argentina, Uruguay, Brasil	Estrategias de adaptación	Inclusión de la componente de los humedales costeros y estuarinos en los Planes Nacionales de Adaptación (Argentina). Adaptación al cambio climático en ciudades y ecosistemas vulnerables costeros del río Uruguay (Argentina y Uruguay). Fomento y desarrollo de la Gestión Integrada de Zonas Costeras (Uruguay). Medidas de adaptación piloto en las áreas costeras de Uruguay. Cogestión de pesquerías como proceso participativo de múltiples agentes interesados (Brasil).	Wetlands International (2012), Gómez-Erache *et ál.* (2010); PRODOC (2008); Nagy *et ál.,* (2015); Hastings (2011); Moura *et ál.* (2015)

con sus experiencias al establecimiento de prioridades de trabajo para los próximos años en la región. La mayor parte de los asistentes manifestó que su país ya está en fase de elaboración de políticas y planes específicos de adaptación al cambio climático en la costa. La Tabla **14.5** recoge algunos de ellos.

Sobre la base de estas políticas y estrategias, varios países han desarrollado instrumentos fundamentales para la implementación de la adaptación en la zona costera que se recogen en la **Tabla 14.6**. Es importante decir que esta tabla no es exhaustiva y que existen más iniciativas semejantes en otros países.

De las dos tablas anteriores se puede concluir que, aunque existen muchas políticas, planes e instrumentos con incidencia directa sobre la adaptación, gran parte de ellos son para dar respuesta a aspectos tales como la ordenación territorial de la zona costera, la gestión integrada de zonas costeras o de recursos marino-costeros y la gestión de riesgos, por lo que no han sido creados específicamente para abordar los problemas derivados del cambio climático.

Otro aspecto a destacar es que las opciones institucionales de carácter económico, tales como impuestos, subvenciones, seguros o la evaluación económica de los servicios prestados por los ecosistemas, no están todavía muy implantados en la región como una opción clara para abordar la adaptación.

Hay que añadir que, como se identifica posteriormente en las barreras fundamentales, los instrumentos y políticas descritos en las tablas anteriores se enmarcan en un ámbito competencial-institucional de gran complejidad en la mayor parte de los países, lo que imposibilita la coordinación para la planificación, implementación y seguimiento de la adaptación.

Como ya se ha comentado anteriormente, en general, la adaptación en la costa requiere la aplicación combinada de varias de las opciones anteriores. Por ejemplo, el PBMC (2016) recoge, entre los casos prácticos de adaptación para ciudades costeras brasileñas, el análisis de la combinación de opciones de ingeniería basadas en ecosistemas, sistemas de alerta y el levantamiento de información económica y ambiental.

14.4.3.4. Procesos participativos para la implementación de la adaptación

El diseño y la implementación de medidas de adaptación al cambio climático pueden estar precedidos por procesos de participación en los que se propicie un espacio de análisis y diálogo entre comunidades locales, instituciones internacionales, nacionales y locales, académicos y otros actores interesados, se establezcan consensos y se faciliten alianzas, sinergias y colaboraciones. A continuación, se describen dos procesos de participación realizados para la implementación de medidas de adaptación en la costa que se consideran como ejemplos de buenas prácticas.

Diseño de medidas de adaptación en el sistema Carmen-Pajonal-Machona en Tabasco (México)

Giannini *et ál.* (2017) describen el proceso participativo realizado con el objetivo de diseñar medidas de adaptación al cambio climático para el sistema Carmen-Pajonal-Machona en Tabasco (México). Como parte del proyecto de adaptación, se organizaron dos talleres. El primero tuvo como metas llevar a cabo un diagnóstico de la situación utilizando conocimiento local sobre impactos y vulnerabilidades en relación con el cambio climático y elaborar una primera lista de posibles medidas de adaptación. El segundo taller sirvió para refinar la lista de medidas elaborada en el primer taller e identificar aquellas preferidas, que fueron elegidas mediante el uso de un sistema multicriterio de apoyo a la toma de decisiones. Debido a las características físicas de la zona de estudio y dado que el éxito de la implementación de las medidas y su mantenimiento requieren el compromiso de las comunidades locales, se decidió optar por EBA y CBA de forma consensuada.

Desarrollo y evaluación de opciones de adaptación en Santos (Brasil)

En el marco del proyecto METROPOLE para evaluar cómo los gobiernos locales pueden decidir entre distintas opciones de adaptación asociadas a proyecciones de aumento del nivel medio del mar, se desarrolló un proceso de participación a través del cual los actores públicos interesados participaron en la definición del problema y en la evaluación de los resultados (Marengo *et ál.,* 2017). Utilizando como caso de estudio la ciudad de Santos en Brasil, y a través de dos talleres, los científicos evaluaron riesgos de forma conjunta con la comunidad y compararon escenarios de acción y de inacción tanto en términos de impacto como en costos. Los resultados ayudaron a identificar preferencias y orientaciones generales en la planificación de la adaptación.

En general, estos procesos participativos para la implementación de la adaptación están cobrando más relevancia en la región al estar empezando a formar parte obligada de los proyectos financiados por entidades multilaterales.

14.4.4. Actividades de adaptación autónoma

Desafortunadamente, no existe mucha información en la región debidamente documentada sobre adaptación autónoma en zonas costeras.

Un caso documentado es el correspondiente a la respuesta de las comunidades pesqueras en algunas lagunas costeras del Caribe colombiano al fenómeno de El Niño en 2015-2016 (Whitfield *et ál.,* 2019). En dichas circunstancias algunas

Tabla 14.5. Políticas y estrategias de adaptación. Fuente: AECID, 2018.

Países	Políticas de adaptación que incluyen elementos específicos para la costa
Argentina	Plan Nacional de Adaptación a los Impactos del Cambio Climático (en desarrollo) Estrategia Federal de Gestión de los Espacios Litorales o Manejo Integral Costero (en desarrollo)
Brasil	Plan Nacional de Gestión Costera Plan Nacional de adaptación al Cambio Climático: contiene estrategia sectorial dedicada a zonas costeras
Chile	Estrategia Nacional de Cambio Climático y Recursos Vegetacionales (2006) Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (2017-2022) Plan de Adaptación y Mitigación de los servicios de infraestructura al Cambio Climático (2017-2022) Planes nacionales sectoriales de adaptación: silvoagropecuario, recursos hídricos, biodiversidad, infraestructura, pesca y acuicultura, salud, energía, turismo, ciudades
Colombia	Ley de Cambio Climático 1931-2018 Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) (2016) Desarrollo de estrategias sectoriales (2017): desarrollo rural, urbano, minero-estratégico y de infraestructuras, y manejo y conservación de ecosistemas y servicios ecosistémicos Plan de Gestión del Cambio Climático para los Puertos Marítimos de Colombia: caracterización de los puertos del país y sus amenazas Plan Maestro Erosión costera (2018-2021) Adaptación Basada en Ecosistemas para la Protección contra la Erosión Costera en Clima Cambiante (2018-2019) Programa regional EBA: estrategias de adaptación basadas en ecosistemas en Colombia y Ecuador (2015-2018)
Costa Rica	Plan de Acción de la Estrategia nacional de cambio climático Política nacional de adaptación: incluye mención a las costas (en consulta pública) Plan nacional de gestión de riesgos 2016-2020: incluye mención a las costas
Cuba	Decreto Ley de Gestión de la Zona Costera Programa Nacional Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación
Ecuador	Estrategia nacional para el cambio climático 2012-2025: transversaliza el cambio climático en diferentes sectores de la economía Plan Nacional de Cambio Climático (2015-2018)
El Salvador	Plan Nacional de Cambio Climático Estrategia de desarrollo integral y sostenible de la franja costero-marina (2012-2024) Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes 2012: agricultura resiliente, desarrollo sinérgico de infraestructuras, restauración y conservación de ecosistemas, con énfasis en ecosistemas marino-costeros
España	Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española (2017)
Guatemala	Política Nacional de Cambio Climático (AG 329-2009) Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC) (2013) Política para el manejo integral de las zonas marino-costeras de Guatemala (Decreto 328-2009) La Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (Decreto 07-2013) Plan para la Reducción de la Vulnerabilidad e Impactos del Cambio Climático sobre la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos en el Litoral Pacífico de Guatemala
México	Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) Política Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas (estrategias para su conservación y uso sustentable): delimita el marco competencial de los sectores vinculados a costas mediante una comisión interministerial Estrategia Federal de Ordenamiento Ecológico Territorial (2013-2018) Acuerdo por el cual se expide el Programa Nacional de Investigación Oceanográfica Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Campeche, Veracruz, Sonora y Quintana Roo
Panamá	Política Nacional de Cambio Climático (2007) Estrategia Nacional de Cambio Climático (2015) Programas de Adaptación y Mitigación ante el cambio climático Política nacional de costas y mares (en desarrollo) Política Nacional de Humedades (propuesta)
Perú	Ley Marco sobre Cambio Climático (n.° 30754) Contribuciones Nacionalmente Determinadas en Adaptación al Cambio Climático Estrategias Regionales de Cambio Climático

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 14.5 (Cont.). Políticas y estrategias de adaptación. Fuente: AECID, 2018.

Países	Políticas de adaptación que incluyen elementos específicos para la costa
República Dominicana	Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (n.° 64-00) Ley 305-68 de anchura en Zona Marítima Ley 147-02 sobre Gestión de Riesgos Plan Nacional de Adaptación y la Política de Cambio Climático
Uruguay	Programa de Medidas Generales de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (PMEGEMA) (2004) Plan nacional de respuesta a Cambio Climático (2010) Política nacional para Cambio Climático (2017)
Venezuela	Ley de zonas costeras (2001) Ley orgánica para la ordenación del territorio Plan de Ordenación y gestión integrada de zonas costeras (en proceso de aprobación)

Tabla 14.6. Instrumentos de adaptación en países RIOCC. Fuente: AECID, 2018.

Países	Instrumentos de adaptación
Argentina	Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático (SIMARCC) Guía para formulación de planes locales de adaptación (en desarrollo)
Brasil	Macrodiagnóstico de la zona costera y marina: proyecto a escala nacional sobre características físicas y socioeconómicas de la costa Proyecto ORLA de ordenación del espacio costero Proyecto de integración de cuencas hidrológicas y zona costera Programa Nacional para Conservación de Línea de Costa (PROCOSTA) con cuatro proyectos: a) Altibati: compatibilizar altimetría y batimetría en la zona costera b) Línea futura de costa c) Riesgos costeros y estrategias de adaptación d) Proyecto de monitoreo y gestión para la conservación de la línea de costa
Colombia	Proyectos de restauración de manglares y caños y canales Sistema de Monitoreo Marino Costero dependiente de la Dirección General Marítima para la medición de parámetros oceanográficos y de meteorología marina (SMPOMM) Sistema de Información Ambiental Marina (SIAM) Análisis de vulnerabilidad marino-costera e insular ante el cambio climático para Colombia (insumo para la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático) Evaluación de necesidades tecnológicas y planes de acción tecnológica para adaptación al cambio climático
Costa Rica	Estudios desarrollados por la Universidad de Costa Rica y el Instituto de Oceanografía sobre el aumento del nivel del mar Análisis de vulnerabilidad en las zonas marítimo-costeras Mapas de riesgo al nivel cantonal Manual de aprendizaje sobre el cambio climático
España	Programa PIMA ADAPTA Costas Planes de adaptación de los puertos competencia de las Comunidades Autónomas
Guatemala	Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC)
México	Atlas de vulnerabilidad en México ante el cambio climático: señala diferentes niveles de vulnerabilidad por municipios, con escenarios de cambio climático interactivos para generar cartografía propia. Tiene escala 1:4.000.000, que es un gran avance, pero no se ha alcanzado el nivel de resolución óptimo Atlas Climático: actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN): conjunto de bases de datos (estadísticos, cartográficos, gráficos, documentales, etc.), equipos (informáticos y humanos), programas y procedimientos dedicados a recopilar, organizar y difundir la información acerca del ambiente y los recursos naturales del país
Perú	Diagnóstico de vulnerabilidad frente al cambio climático en la actividad pesquera, elaborado por el Ministerio de la Producción Contribuciones Nacionalmente Determinadas en adaptación al cambio climático en pesca y acuicultura, aprobadas por el Ministerio de la Producción
República Dominicana	Programa de medidas de adaptación climática (2015- 2017): capacidades locales para hacer frente a riesgos naturales en comunidades objetivo que son vulnerables Programa de mejora de la información climática (2015- 2018): aumentar y mejorar el suministro de información útil y relevante sobre el cambio climático y asegurar que esté disponible, accesible y comprensible a nivel municipal Proyecto biodiversidad costera y turismo: asegurar la conservación de la biodiversidad en las zonas costeras ecológicamente importantes y vulnerables, que presentan una oportunidad para el desarrollo sostenible del turismo y la infraestructura física asociada Programa de medidas de adaptación climática (2018): restauración de áreas de manglar afectadas

lagunas se secaron, mientras que en otras el nivel del agua fue insuficiente para garantizar la sostenibilidad de las pesquerías. Ante esta situación, algunos pescadores tuvieron que buscar nuevas actividades para generar ingresos económicos. Muchas de sus mujeres, que normalmente se quedaban al cuidado de niños y familia, fueron a buscar trabajos como empleadas domésticas en Cartagena y Barranquilla (las ciudades más cercanas), quedándose los pescadores a cargo de sus familias. En otros casos, los pescadores se desplazaron a lagunas más grandes donde tenían familiares que los pudiesen acoger en sus labores de pesca. Esta migración temporal y estos cambios en las labores del hogar no fueron exclusivos de este evento de El Niño. Durante el fenómeno de La Niña la situación es inversa, obligando a las familias de pescadores y pequeños productores que habitan en los márgenes de las lagunas a adaptar sus casas para reducir el riesgo de inundación. Para estas comunidades, que viven en sistemas muy dinámicos, los cambios de agua dulce y salada afectan a la productividad de las lagunas y las especies que pescan, por lo que se han ido adaptando de forma autónoma a través de los años a la variabilidad climática. A pesar de ello, el pesimismo en relación con su supervivencia es evidente dada la degradación de los ecosistemas, que se atribuye a la intervención aguas arriba de cuenca, la deforestación alrededor de las lagunas, la alteración de los cauces de los ríos y principalmente a la corrupción de las entidades regionales y locales.

14.5. Barreras a la adaptación

Las estrategias de adaptación bien diseñadas requieren que las opciones consideradas sean técnica y económicamente viables, además de social y políticamente aceptables. Sin embargo, existen muchas barreras que a menudo dificultan o incluso impiden la planificación y aplicación de medidas de adaptación al cambio climático. Varios estudios han identificado que las principales barreras para la implementación de procesos de adaptación al clima futuro en los países de Latinoamérica se deben a deficiencias en múltiples áreas, como actitud y comportamiento social, conocimiento, educación y capital humano, financiación, gobernanza, instituciones y políticas junto con una baja capacidad adaptativa y de desarrollo (Villamizar *et ál.,* 2016). En la mayoría de los países se han identificado como limitaciones específicas la falta de información básica, observaciones y sistemas de monitoreo (Magrin *et ál.,* 2007); la escasa disponibilidad de recursos; la incertidumbre en el clima, desarrollo económico y crecimiento demográfico futuros; el riesgo de desastres, y las consecuencias inherentes a intercambios (IPCC, 2013).

Estas barreras no difieren mucho de las que los gestores involucrados en la implementación de medidas de adaptación en la costa identifican como principales. La **Tabla 14.7** recoge las barreras reconocidas por los países que participaron en el encuentro de AECID (2018), ordenadas según su relevancia. Las más frecuentes son: (1) insuficientes recursos financieros; (2) limitados recursos humanos y carencia de capacitación; (3) ausencia de políticas adecuadas; (4) insuficiencia de concienciación de la ciudadanía; (5) pobre coordinación y colaboración entre las instituciones competentes (caos competencial), y (6) dificultad de acceso y falta de disponibilidad de información veraz, completa y accesible. En su mayoría, los países manifestaron su falta de conocimiento en la materia y de las herramientas requeridas para establecer los criterios necesarios para la definición de objetivos de reducción riesgo, la identificación de acciones de adaptación y el establecimiento de indicadores de monitoreo con los que, una vez implementadas las medidas, realizar un seguimiento de su eficacia. Se identificó, además, una necesidad generalizada de capacitación para poder optar a fondos de financiación con garantías, pues muchos de los programas y proyectos destinados a la adaptación al cambio climático son sustancialmente dependientes de trabajos de cooperación internacional.

14.6. Medidas/indicadores de la efectividad de la adaptación

En varios de los países RIOCC existen algunas métricas específicas destinadas a la evaluación de la efectividad de la adaptación, generalmente asociadas a la evaluación de resultados de planes o estrategias específicas. En el **Capítulo 1** puede encontrarse un análisis del estado general del conocimiento en la región. Sin embargo, no es frecuente hallar medidas e indicadores específicos en el sector de la costa.

En España, en el marco de la Estrategia Española de Adaptación de la Costa al Cambio Climático que se describe en la sección **14.8.3,** se ha elaborado un catálogo con un conjunto de indicadores de la efectividad de la adaptación. Los indicadores pueden ser de seguimiento general de la implementación de la estrategia o de seguimiento ambiental. En relación con el primer grupo, la estrategia estructura los indicadores de acuerdo con las opciones de adaptación consideradas, tal y como se refleja en la **Tabla 14.8.**

Es necesario advertir que, en la mayor parte de los proyectos de adaptación que se han venido ejecutando en la región, uno de los indicadores más importantes para las entidades financiadoras es si la financiación ha sido debidamente ejecutada o no, independientemente de si va a resultar efectiva.

14.7. Interacciones entre adaptación y mitigación

La adaptación será, sin duda, la acción predominante para hacer frente a los riesgos derivados del cambio climático en la costa, especialmente considerando que el aumento del nivel del mar continuará durante siglos, independientemente de las políticas de mitigación que sigamos ahora (Wong

Tabla 14.7. Barreras identificadas por los países en la implementación de la adaptación en la costa. Fuente: AECID, 2018.

Países	Barreras para la implementación de la adaptación
Argentina	Articulación débil entre ciencia y tomadores de decisiones Falta de recursos financieros Información insuficiente para la toma de decisiones Ordenamiento territorial inapropiado Conflictos con actividades productivas (minería, turismo, pesca, puertos, energía)
Brasil	Falta de recursos humanos Falta de recursos financieros Inexistencia de un departamento de gestión litoral, costera y marina Alta complejidad técnica, científica e institucional
Chile	Falta de voluntad política Marcos normativos poco desarrollados Información base incompleta Baja capacidad de gestión Desigualdad y brechas entre gobiernos locales
Colombia	Falta de recursos humanos Falta de recursos financieros Escasa coordinación entre instituciones y sectores
Costa Rica	Poco desarrollo de la política pública hacia el mar y la costa Falta de métricas para medir la adaptación Municipalidades empobrecidas Sin identificación presupuestaria en adaptación al cambio climático Resistencia de las comunidades al cambio Cambios de gobierno condicionan las políticas Comunicación política y reconocimiento cultural de la costa
Cuba	Falta de recursos financieros Necesidad de actualización tecnológica (ciencia y técnica) Baja capacitación
Ecuador	Falta de recursos para almacenamiento de datos Limitado empoderamiento y escasa participación de actores implicados Dispersión de la información y falta de difusión Metodologías no estandarizadas sobre vulnerabilidad Falta de recursos humanos Falta de capacidades técnicas para proyecciones climáticas Falta de recursos financieros Insuficiente cobertura estaciones hidrometeorológicas
El Salvador	Bajo desarrollo: pobreza de la población y analfabetismo Deficiencia en servicios sociales básicos (agua y saneamiento) Hogares a cargo exclusivo de una mujer Alta contaminación de las aguas y explotación de acuíferos Expansión de actividades incompatibles con ecosistemas frágiles como manglares Poca concienciación Falta de participación social y apoyo de la ciudadanía
Guatemala	Posicionamiento inadecuado del tema Falta de voluntad política Falta de recursos financieros Falta de recursos humanos
México	La escala de los estudios no aporta suficiente información Insuficiente coordinación y colaboración entre instituciones Conflictos de intereses entre sectores Pobre participación social y apoyo de la ciudadanía Dificultad para llegar a nivel municipal con recursos y políticas
Panamá	Falta de recursos humanos

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 14.7 (Cont.). Barreras identificadas por los países en la implementación de la adaptación en la costa. Fuente: AECID, 2018.

Países	Barreras para la implementación de la adaptación
Perú	Falta de institucionalidad de la gestión integral del cambio climático Poca articulación multisectorial, multinivel y multiactor para la implementación de las medidas de adaptación al cambio climático Falta de apalancamiento de presupuesto (público, privado, mixto y/o cooperación internacional) para la implementación de condiciones habilitantes y medidas de adaptación al cambio climático
República Dominicana	Falta de coordinación entre instituciones Falta de recursos financieros Diferente nivel de conocimiento entre sectores Falta de capacidades a nivel institucional y comunidades
Uruguay	Información insuficiente, dispersa y sectorizada Falta de bases de datos comparables entre procesos ambientales, el estado de la infraestructura y las variables climáticas Necesidad de acceso a datos globales o datos desglosados o generados localmente Monitoreo discontinuo: recopilación de datos e indicadores no sistemática Sin plataformas de datos participativos a nivel local para tomadores de decisiones

Tabla 14.8. Relación de indicadores de seguimiento de la Estrategia Española de Adaptación al Cambio Climático en la Costa. Fuente: MITERD (2017).

Código	Opción	Categoría (1)	Categoría (2)	Indicadores de seguimiento
1	Diagnóstico y análisis de riesgos	Tecnología Información	Protección Acomodación Retroceso	Número de diagnósticos globales realizados Número de diagnósticos de alta resolución realizados
2	Monitorización sistemática de la costa	Tecnología Información	Protección Acomodación Retroceso	km de costa cubiertos con monitorización sistemática
3	Introducción de sistemas de alerta temprana y protocolos de evacuación	Tecnología Información Comportamiento	Acomodación	Número de sistemas de alerta temprana y protocolos de evacuación implementados km de costa con sistema de alerta temprana y protocolo de evacuación Número de personas asociadas a sistemas de alerta temprana % de reducción de riesgo o de consecuencias
4	Regeneración de playas y sistemas dunares	Ingeniería Ecosistemas	Protección	Número de playas regeneradas ml de playas regeneradas m^2 de playa regenerada Número de sistemas dunares regenerados m^3 de arena destinados a regeneración de playas % de reducción de riesgo o de consecuencias
5	Creación de playas y dunas artificiales	Ingeniería	Protección	Número de playas regeneradas ml de playas regeneradas m^2 de playa regenerada Número de sistemas dunares regenerados m^3 de arena destinados a regeneración de playas % de reducción de riesgo o de consecuencias
6	Conservación y restauración de humedales y marismas	Ecosistemas	Protección	Número de actuaciones de restauración de humedales y marismas Incremento de superficie de humedales y marismas en conservación o restauradas % de reducción de riesgo o de consecuencias
7	Gestión de sedimentos	Ingeniería Ecosistemas	Protección	Número de actuaciones de gestión de sedimentos m^3 de transporte de arena restaurado % de reducción de riesgo o de consecuencias
8	Construcción de nuevas estructuras de protección (muros, paseos)	Ingeniería	Protección	Número de estructuras de defensa construidas ml de línea de costa protegida mediante nuevas estructuras % de reducción de riesgo o de consecuencias

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 14.8 (Cont.). Relación de indicadores de seguimiento de la Estrategia Española de Adaptación al Cambio Climático en la Costa. Fuente: MITERD (2017).

Código	Opción	Categoría (1)	Categoría (2)	Indicadores de seguimiento
9	Construcción de nuevas estructuras o elementos artificiales para mantener la línea de costa (diques exentos, espigones, geotextiles, etc.)	Ingeniería	Protección	Número de estructuras de defensa construidas ml de línea de costa protegida mediante nuevas estructuras % de reducción de riesgo o de consecuencias
10	Adecuación funcional y estructural de las infraestructuras y edificaciones existentes	Ingeniería	Acomodación	Número de infraestructuras intervenidas % de reducción de riesgo o de consecuencias
11	Normativa y códigos de adecuación	Ingeniería Leyes y regulación	Acomodación	Número de normativas y códigos modificados
12	Introducción de seguros y primas específicas	Economía	Acomodación	Número de colaboraciones Número de productos específicos creados
13	Realineación de estructuras existentes en la línea de costa	Ingeniería Comportamiento	Retroceso	km de costa con realineación % de reducción de riesgo o de consecuencias
14	Realineación de estructuras existentes en estuarios y desembocaduras	Ingeniería Comportamiento	Retroceso	km de costa con realineación % de reducción de riesgo o de consecuencias
15	Adquisición de terrenos	Comportamiento	Retroceso	Superficie de terreno adquirido para retroceso € invertidos en adquisición de terrenos % de reducción de riesgo o de consecuencias
16	Cambios en el uso del suelo	Comportamiento Leyes y regulación	Acomodación	Superficie de terreno con usos de suelo modificado % de reducción de riesgo o de consecuencias
17	Fomento de la migración hacia el interior de humedales y marismas y creación de nuevas áreas intermareales	Ecosistemas Leyes y regulación Comportamiento	Retroceso	Nueva superficie de área intermareal generada % de reducción de riesgo o de consecuencias
18	Capacitación y concienciación	Educación Información	Otras	Número de eventos/materiales de divulgación de capacitación y concienciación Número de personas implicadas en eventos de capacitación y concienciación
19	Reducción de barreras y limitaciones	Información Educación Leyes y regulaciones Políticas y programas gubernamentales	Otras	Número de barreras, limitaciones identificadas Número de barreras, limitaciones superadas
20	Integración en la toma de decisiones	Leyes y regulaciones Políticas y programas gubernamentales Información Economía	Otras	Número de procesos de integración del cambio climático en la toma de decisiones Número de instrumentos legales y económicos modificados para la integración del cambio climático Número de reuniones de coordinación y participación social Número de agentes sociales implicados
21	Investigación	Información	Otras	Número de proyectos de investigación financiados/promovidos o cofinanciados Financiación €/año para investigación movilizada
22	Evaluación de servicios prestados por ecosistemas costeros	Economía Información	Otras	Número de sistemas naturales costeros para los que se han cuantificado los servicios ecosistémicos
23	Relocalización	Comportamiento	Retroceso	Superficie liberada por relocalizaciones Inversión €/año en relocalizaciones % de reducción de riesgo o de consecuencias

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 14.8 (Cont.). Relación de indicadores de seguimiento de la Estrategia Española de Adaptación al Cambio Climático en la Costa. Fuente: MITERD (2017).

Código	Opción	Categoría (1)	Categoría (2)	Indicadores de seguimiento
24	Gestión de concesiones	Políticas y programas de la Administración	Acomodación Retroceso	Número de concesiones modificadas para favorecer la adaptación Superficie de costa afectada por modificaciones en la gestión de concesiones para favorecer la adaptación % de reducción de riesgo o de consecuencias
25	Áreas protegidas	Políticas y programas de la Administración	Otras	Incremento del número de áreas protegidas km^2 de incremento de áreas protegidas % de reducción de riesgo o de consecuencias % de mejora de la conservación y protección de la biodiversidad
26	Gestión integrada de zonas costeras	Políticas y programas de la Administración	Todas	Número de proyectos con un enfoque GIZC

et ál., 2013). Sin embargo, durante los últimos años se ha demostrado que los hábitats vegetales costeros constituyen un recurso esencial para la búsqueda de sinergias entre la adaptación y la mitigación.

Los hábitats vegetales costeros (praderas de posidonia, humedales, macroalgas y manglares) ocupan el 0,2 % de la superficie del océano y contribuyen a la captura de un 50 % del carbono secuestrado en los sedimentos marinos, constituyendo lo que se conoce como carbono azul. Además, contribuyen a disipar la energía del oleaje y de la marea meteorológica, reteniendo sedimento e incrementando la cota del terreno, ayudando a reducir los impactos del aumento del nivel medio del mar, del oleaje y del viento asociados al cambio climático. Su conservación, restauración e integración en el diseño de soluciones para la protección de la costa constituyen, por tanto, una acción combinada de mitigación y adaptación al cambio climático (Duarte *et ál.,* 2013).

Este aspecto se encuentra más desarrollado en el **Capítulo 4** y se ha descrito también en la sección **14.3.2** de este capítulo.

14.8. Casos de estudio

14.8.1. Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles (BID)

14.8.1.1. Introducción a la problemática del caso

América Latina y el Caribe es la segunda región más urbanizada del planeta con 8 de cada 10 personas viviendo en ciudades. Entre 1950 y 2014, se urbanizó a una tasa sin precedentes, aumentando su población urbana (como porcentaje del total) del 50 % al 80 %, una cifra que se espera que alcance el 86 % en 2050. En las últimas dos décadas, la población urbana y el crecimiento económico de la región se han ido extendiendo a cada vez más ciudades de tamaño intermedio, que se están expandiendo de manera exponencial. Este fenómeno afecta a muchas de las ciudades costeras en las que la interacción de las amenazas de origen climático (eventos extremos hidrometeorológicos, aumento del nivel medio del mar, olas de calor, etc.) y no climático (tsunamis, deslizamientos, sismos, etc.) con un incremento de la exposición en zonas muy vulnerables, por la propia acción del hombre, está conduciendo a considerables aumentos del riesgo para la población, activos y actividades económicas.

Conscientes de los problemas que se generan en una ciudad si su crecimiento no se planifica correctamente, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) creó el programa Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES). El Programa CES es un programa de asistencia técnica no reembolsable que provee apoyo directo a los gobiernos centrales y locales en el desarrollo y ejecución de planes de sostenibilidad urbana.

El CES usa un enfoque integral e interdisciplinario para identificar, organizar y priorizar intervenciones urbanas con el fin de afrontar los principales obstáculos que impiden el crecimiento sostenible de las ciudades emergentes de América Latina y el Caribe. Este enfoque transversal se sustenta sobre tres pilares: (i) la sostenibilidad medioambiental y de cambio climático, (ii) la sostenibilidad urbana, y (iii) la sostenibilidad fiscal y gobernabilidad.

14.8.1.2. Descripción del caso

La Metodología CES se organiza en dos etapas y cinco fases

La primera etapa comienza con la ejecución de una herramienta de diagnóstico de evaluación rápida para identificar los retos de sostenibilidad de una ciudad. Después, los temas (p. ej., riesgos de inundación, falta de agua, calidad del aire, la transparencia, etc.) son priorizados a través del empleo de

múltiples filtros (p. ej., ambiental, económico, opinión pública y experticia de especialistas por sector) con el objetivo de identificar los problemas que plantean los mayores desafíos para la sostenibilidad de una ciudad. Por último, y como resultado de los estudios anteriores, se desarrolla un plan de acción para las intervenciones priorizadas y un conjunto de estrategias para su ejecución a través del corto, medio y largo plazo.

En la segunda etapa, la fase de ejecución se inicia con la preparación de estudios de preinversión para las intervenciones priorizadas y la implementación de un sistema de monitoreo ciudadano. Dentro de la fase de diagnóstico, y como uno de los retos de sostenibilidad de todas las ciudades analizadas, se identifica la vulnerabilidad de las ciudades a desastres naturales y más concretamente a riesgos hidrometeorológicos o de origen marino, en los que el cambio climático juega un papel relevante.

La metodología usada para la evaluación del riesgo se basa en el marco del riesgo del IPCC, evaluándose los riesgos en términos de vidas humanas afectadas y de daños económicos en viviendas e infraestructuras críticas. El análisis se efectúa desde una óptica probabilística (pérdida anual esperada) para la situación presente de la ciudad y para la misma ciudad en un año horizonte futuro (normalmente 2050 y/o 2075) bajo la hipótesis de que la ciudad crece según un patrón similar al que ha tenido hasta la fecha para caracterizar exposición y vulnerabilidad, y utilizando proyecciones de cambio climático de los agentes climáticos que constituyen una amenaza en los horizontes previstos.

Los resultados obtenidos del análisis de riesgo son la base sobre la que se plantean opciones de reducción de riesgo y adaptación al cambio climático. Generalmente, el planteamiento de opciones se realiza de forma participativa con los agentes que intervienen en el proceso.

Para analizar el efecto de las medidas de adaptación, el análisis de riesgo se repite comparando el riesgo presente con el riesgo futuro para escenarios de crecimiento inteligente en los que se hayan acometido las obras/actuaciones necesarias. El estudio concluye con un análisis costo-beneficio que evalúa, en términos económicos, la rentabilidad (necesidad) de realizar dichas obras/actuaciones de reducción de riesgos y adaptación al cambio climático.

Hasta el momento son varias las ciudades costeras ubicadas en países RIOCC que han sido incluidas en el estudio, entre otras, Trujillo (Perú), Campeche (México), Ciudad de Panamá (Panamá), Cumaná (Venezuela), Florianópolis (Brasil) y Santa Marta (Colombia).

14.8.1.3. Limitaciones

Las limitaciones del CES pueden estructurarse en diferentes ámbitos: aquellas propias de la aproximación metodológica, las vinculadas a la información de base para la realización de los trabajos y las asociadas al impacto real del programa en la adaptación.

En el primer caso, aunque la metodología establecida tiene una base común para todos los estudios, la ejecución de los trabajos por diferentes consultores, las particularidades propias de cada ciudad y país, los recursos e información disponibles y el grado de involucración de los diferentes agentes conducen a que los resultados no sean 100 % comparables entre sí. Otro aspecto metodológico importante es que en muchos de los estudios se ha utilizado predominantemente el análisis costo-beneficio para la selección de opciones de adaptación, lo que muchas veces no es lo más apropiado.

También podría considerarse una limitación metodológica el hecho de que la mayor parte de las opciones de adaptación/reducción del riesgo consideradas son fundamentalmente, aunque no solo, del ámbito de la ingeniería. Esto, sin embargo, podría asociarse al hecho de que la mayor parte de las ciudades cuentan con altos niveles de exposición y vulnerabilidad frente a las amenazas y estados de consolidación que dificultan otro tipo de opciones.

En cuanto a la información se refiere, esta es una de las principales limitaciones que se ha encontrado en todas las ciudades tanto en lo relativo a su existencia como a su fiabilidad e incluso a su accesibilidad.

Esta limitación afecta tanto a la evaluación de las amenazas (modelos digitales de terreno, datos para la caracterización de las amenazas, etc.) como a la estimación de la exposición (catastros, inventarios de infraestructuras, etc.) o a la confección de curvas de vulnerabilidad (tipologías constructivas, materiales empleados, series históricas de daños en eventos conocidos, etc.). Todo ello conlleva la necesidad de adaptar la metodología general caso a caso en función de los datos realmente disponibles. Los resultados son, por tanto, adecuados en cada ciudad, pero la comparación entre ciudades debe ser realizada con cautela.

Otras limitaciones importantes provienen del nivel de involucración de los diferentes agentes relevantes. La participación de la sociedad civil, sector privado o de la Administración, desde la local hasta la nacional, pasando por la regional o provincial, varía mucho en cada uno de los casos. Finalmente, aunque la mayor parte de las acciones que recoge el programa pueden enmarcarse en varias de las opciones incluidas entre las tres categorías, hay dos factores adicionales que constituyen una limitación si no son llevados a término. El primer factor es la consignación de las inversiones necesarias para acometer las medidas de adaptación programadas. El segundo es la implementación de las medidas necesarias para garantizar que el diagnóstico realizado, las bases de datos generadas y el conocimiento aportado tengan una continuidad en el tiempo en las comunidades locales.

14.8.1.4. Interacciones y cobeneficios

La Metodología CES promueve la idea de que las estrategias de desarrollo urbano bien planificadas, integrales y multisectoriales tienen la capacidad de brindar mejoras en la calidad de vida y de trazar un futuro más sostenible, resiliente e inclusivo para las ciudades emergentes de América Latina y el Caribe.

Más recientemente, el programa ha estado trabajando en el fortalecimiento de la Metodología CES, incluyendo temas relacionados con el desarrollo económico local, la competitividad y la creación de empleo productivo. Entre los principales cobeneficios de la iniciativa cabe señalar: a) la comprensión de los impactos asociados a las amenazas naturales más importantes en diferentes escenarios de cambio climático y la identificación de pérdidas humanas y materiales ligadas a cada una de ellas; b) la identificación de los efectos de las diferentes políticas de crecimiento y presiones demográficas para los años 2030 y 2050 y su repercusión en la forma urbana de la ciudad; c) la aportación a la municipalidad y organismos competentes de la información de base para poner en marcha proyectos e implementar iniciativas o estrategias de diferente índole, económica, social y ambiental, y d) la aportación de herramientas e información a los servicios municipales para mejorar su capacidad de actuación frente a eventos extremos o para la priorización de planes parciales.

14.8.1.5. Lecciones identificadas

Entre las principales lecciones aprendidas destacan las siguientes. En cuanto a los actores clave, a) es importante hacer una correcta identificación de todos los actores como punto de partida en todos los trabajos a realizar y muy especialmente para identificar las amenazas relevantes y las opciones de adaptación posibles; b) es imprescindible trabajar con capacidades locales, como personal técnico de los gobiernos locales y del sector académico; c) es necesario trabajar con los tomadores de decisiones para que entiendan las limitaciones del estudio, así como para conocer la mejor forma de emplear sus resultados, y d) resulta imprescindible hacer una búsqueda de estudios similares anteriores.

En cuanto a los datos de partida, hay que identificar y seleccionar los datos disponibles y colaborar con las agencias que originan los mismos para entender sus limitaciones.

En cuanto a la metodología, a) la metodología de diagnóstico de riesgos y la selección de las medidas de adaptación deben ajustarse a la información disponible, y b) tanto el diagnóstico del riesgo como la evaluación de las medidas de adaptación deben hacerse en el marco de procesos participativos que permitan garantizar que los criterios considerados integran aspectos económicos, sociales y ambientales.

14.8.2. Seguro para el Arrecife Mesoamericano (México) (Institucional-Económica)

14.8.2.1. Introducción a la problemática del caso

El Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) es el arrecife transfronterizo más grande del mundo se extiende por cuatro países y abarca más de 1.000 kilómetros de costa. Es también el más largo a nivel mundial después de la Gran Barrera Arrecifal australiana (Ardisson *et ál.,* 2011). Empieza en cabo Catoche, al norte de Quintana Roo, México, bordea las costas de Belice y Guatemala, y finaliza en el complejo Islas de la Bahía/Cayos Cochinos en la costa norte de Honduras. La región se caracteriza por arrecifes de borde, de barrera y atolones, cayos, islas, humedales costeros, lagunas arrecifales y costeras, praderas de pastos marinos, dunas y bosques de manglar. Incluye 60 Áreas Naturales Protegidas (ANP) declaradas oficialmente, que proveen hábitat críticos para la alimentación, anidación y crianza a una flora y fauna excepcionales de alta biodiversidad en el Atlántico (Gibson, 2011; Ortiz-Lozano, 2017), algunas de las cuales son especies de importancia comercial, amenazadas o en peligro de extinción. Además, contribuye a la estabilización y protección de los paisajes costeros y al mantenimiento de la calidad del agua marina (Ardisson *et ál.,* 2011).

El SAM permite proteger y conservar otros ecosistemas ecológicamente únicos y vulnerables que lo componen. Asimismo, promueve el valor y la necesidad de conservación de los recursos, facilitando la incorporación de la sociedad civil organizada para la toma de decisiones locales, y garantiza la disponibilidad futura de los recursos en la región.

La denominación de SAM nació el 5 de junio de 1997, fecha en la que los presidentes de México, Guatemala y Honduras y el primer ministro de Belice se reunieron para firmar, en el marco del Año Internacional de los Arrecifes, la Declaración de Tulum con el propósito común de continuar el diálogo y la cooperación entre Centroamérica y México, iniciados a través de los Acuerdos de Tuxtla I, II y III. En la declaración, acordaron adoptar la Iniciativa de los Sistemas Arrecifales del Caribe Mesoamericano, la misma que promueve la conservación del sistema arrecifal mediante su uso sostenible.

Desde entonces, y bajo el patronato de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y el Banco Mundial, los cuatro países que comparten el SAM, junto con otros grupos de interés en la región, han colaborado estrechamente en el diseño y preparación del proyecto, culminando con la declaración de su vigencia el día 30 noviembre de 2001. Para asegurar una implementación apropiada del proyecto, se realizan desembolsos según un Plan Operativo Anual (POA) aprobado. La Unidad Coordinadora del Proyecto elabora un borrador del POA para cada año, el cual es presentado a los grupos de trabajo. El SAM está diseñado para 15 años repartidos en 3 quinquenios, siendo cada uno planificado de acuerdo con las necesidades que presentan las Aéreas Marinas Protegidas. El POA describe las actividades técnicas que tienen un presupuesto ejecutable para los siguientes cuatro componentes:

1. Áreas Marinas Protegidas.
2. Sistema Regional de Monitoreo e Información Ambiental (SRIA).
3. Promoción del Uso Sostenible del SAM.
4. Concienciación Pública y Educación Ambiental.

Por su parte, Ardisson *et ál.,* (2011) plantean que, en el acuerdo de renovación de los compromisos en torno al Sistema Arrecifal Mesoamericano en el Marco de la Declaración de Tulum, firmado en Panamá el 11 de julio de 2006, se estableció en el punto 7 «solicitar de manera conjunta a la Organización Marítima Internacional (OMI) declarar el área del SAM como Zona Marítima Especialmente Sensible (ZMES)» para protegerla del incremento del tráfico marítimo.

En el estudio efectuado por Nawaz *et ál.* (2017), se hace recuento de las cuestiones más preocupantes desde 2009, cuando el sitio se agregó a la Lista de Sitios de Patrimonio Mundial en Peligro de la UNESCO: i) la venta y alquiler de terrenos públicos dentro de la jurisdicción del SAM; ii) la destrucción de ecosistemas frágiles debido a la construcción de complejos vacacionales y viviendas, y iii) el impacto que causan las especies introducidas. En el 2010 se señaló otra cuestión preocupante: el otorgamiento de concesiones de petróleo mar adentro (Gibson, 2011). Con la perspectiva de la exploración petrolera y la perforación submarina se añadieron más amenazas a las que ya existían, en particular a los arrecifes coralinos, y así, con el cambio climático, la integridad del SAM se encuentra en más riesgo aún. En agosto de 2017, después del considerable trabajo de abogacía efectuado por muchas organizaciones, en especial por la Coalición para Salvar Nuestro Patrimonio Mundial en Belice, el Gobierno de Belice anunció que promulgará una «moratoria indefinida», legalmente vinculante, sobre la exploración petrolera mar adentro en el medio ambiente marino de su país, incluyendo su Zona Económica Exclusiva (ZEE). Con su aprobación, esta ley contribuirá a eliminar una de las amenazas más críticas para el SAM (Nawaz *et ál.,* 2017).

14.8.2.2. Descripción del caso

El SAM ha tenido un decremento del coral vivo del 75 % desde la década de los años ochenta debido a factores como las enfermedades y el blanqueamiento que ponen en riesgo tanto a las especies marinas que en él habitan como a las comunidades pesqueras y a la industria hotelera de la región (Riquelme, 2018). Aunado a lo anterior, el deterioro del SAM también se atribuye al paso de 20 huracanes que han impactado en la región durante los últimos 15 años, entre los que sobresalen por su alta intensidad Janet (1955), Hattie (1961), Mitch (1998), Wilma (2005) y Dean (2007), que han generado daños físicos a las poblaciones, playas y los corales, haciendo de los huracanes eventos extremos y abruptos que se pueden tipificar como variables e impredecibles. Los huracanes son el principal factor de corto plazo que disminuye la estructura del arrecife, la cual puede perder entre un 20 % y un 60 % del coral vivo por un huracán de categoría 4 o 5, comparable a una pérdida anual del 2 % al 6 % en corales vivos por otras causas (TNC, 2018).

En el estudio efectuado por Kramer y Kramer (2000) a lo largo de las costas de los cuatro países, el daño más evidente se observó en Belice, seguido por Honduras y México. Los daños a las colonias de corales van desde rupturas y derribamientos hasta corales arrancados en zonas someras, mientras que, en zonas profundas, los daños son considerablemente menores. La mortalidad en corales es ligeramente más alta en zonas someras que en las profundas, especialmente en el borde posterior de la laguna arrecifal (Kramer y Kramer, 2000). Los arrecifes de la parte sur de la porción del SAM mexicano presentan mayor blanqueamiento y deterioro por enfermedades, así como tasas de mortalidad más alta por huracanes que el resto de la porción mexicana. Los corales profundos como Xcalac, Majahual y Punta Maroma presentan disturbios severos debido a los huracanes, mortalidad reciente, blanqueamiento y corales enfermos (Kramer y Kramer, 2000).

Durante la última década, el Gobierno mexicano creó un fideicomiso para la recuperación de las playas y la atención a los corales del estado de Quintana Roo. Sin embargo, desde sus inicios, este instrumento tuvo poco dinero y problemas operativos que hicieron que fuera abandonado durante los últimos siete años. Este fideicomiso sirvió prácticamente para pagar los estudios de impacto ambiental para la recuperación de las playas que fueron dañadas por el paso del huracán Dean. No obstante, con el abandono del fideicomiso, quedaron puntos por solventar y el comité técnico del mismo decidió finiquitarlo para dar paso a una nueva propuesta.

Por iniciativa del Gobierno mexicano con The Nature Conservancy (TNC) se está diseñando una nueva propuesta para contribuir a la restauración de los corales en el SAM que resultan dañados por efecto de los vientos y oleajes extremos dentro de lo que se conoce como seguro contra la naturaleza. De esta manera se cubrirán alrededor de 60 kilómetros (37 millas) de corales y playas en la franja de Cancún hasta el sur de la frontera con Belice. Esta es la primera vez a nivel mundial que se asegurará al arrecife monetizando el valor de protección de los corales y las playas.

El nuevo Fideicomiso de Seguridad, Desarrollo Social y Manejo Integral de la Zona Costera tiene una orientación hacia el manejo integrado de las zonas costeras y cuenta con dos ejes: a) uno de carácter preventivo, y b) otro orientado a la seguridad y desarrollo social; ambos, con la finalidad de contar con apoyo para enfrentar el efecto de eventos extremos y abruptos como son los huracanes.

14.8.2.3. Limitaciones

Actualmente, se calcula que mantener al SAM en su mejor estado de conservación en la parte mexicana cuesta 287,5 millones de dólares cada año, cuantificando el daño provocado por los 12 millones de visitantes anuales a la región.

De acuerdo con el ICRI (2013, 2018), el contrato del seguro está en construcción y no se ha identificado la fuente de recursos para su financiación. Se considera que el seguro sea paramétrico, basado en el comportamiento de una variable que tiene una alta correlación con el riesgo a cubrir, lo que significa que es un contrato de pago contingente o indemnización. El pago de indemnizaciones depende del valor que adquiere la

variable tomada como índice y ocurre cuando supera un umbral preestablecido. Ese umbral está asociado a un determinado nivel de pérdidas en el bien asegurado y, por tanto, actúa como un sustituto de la peritación en el campo. No hay peritaje de daños (ICRI, 2013, 2018). El diseño de la cobertura puede contemplar una gran diversidad de alternativas y situaciones. Las condiciones que debe cumplir son: a) alta correlación con el riesgo de pérdida; b) ser perfectamente mensurable; c) ser verificable por instituciones especializadas e independientes; d) registros objetivos y transparentes, y e) que pueda ser reportado frecuentemente, por quinquenios o décadas, por ejemplo (ICRI, 2013, 2018). Las variables que pueden ser usadas como índice son meteorológicas o climáticas (precipitaciones, temperaturas, huracanes, etc.), otros índices o variables complejos (índice de cobertura de corales, productividad primaria, etc.) o rendimiento por áreas homogéneas.

Se está planteando que el seguro pueda recibir toda clase de aportaciones lícitas que tengan una ruta trazable, transparente y de rendición de cuentas. Contará con un consejo asesor formado por la academia y la sociedad civil organizada, además de un comité técnico conformado por representantes de los tres órdenes de gobierno y asociaciones del sector privado, como los hoteleros.

Las desventajas de un seguro paramétrico son: 1) el riesgo de base, que es el riesgo de que no exista coincidencia entre los pagos establecidos por el contrato y la ocurrencia real de pérdidas; 2) minimizar el daño que vaya a ocurrir, y 3) la necesidad de desarrollar la cobertura que exige mucha información y estudios para ajustar la relación índice-exposición al riesgo (ICRI, 2013, 2018). Algunos retos de este seguro son: 1) la medición del riesgo enfrenta dificultades como captar variaciones cíclicas como las de El Niño y La Niña; 2) un creciente acceso a predicciones climáticas de mediano plazo, por lo que cabría entonces la posibilidad de hacer contratos plurianuales o primas variables según pronóstico, y 3) sobrevalorar o minimizar los riesgos y, por ende, los daños (ICRI, 2013, 2018).

14.8.2.4. Interacciones y cobeneficios

Los eventos derivados del cambio climático ponen en riesgo las vidas y el bienestar de 2 millones de personas que viven en comunidades y ciudades costeras en el SAM. De igual forma, ponen en riesgo la estabilidad de las industrias de turismo y pesquerías, que son el motor de la economía de la región del SAM y fuente clave para los ingresos y alimentos. Cerca de 8 millones de turistas visitan la región cada año generando una derrama de 6.000 millones de dólares, mientras que las pesquerías proveen empleo para 40.000 pescadores y contribuyen con 450 millones de dólares anuales para la economía regional.

De acuerdo con TNC (2018), los fondos del fideicomiso y subsecuente seguro provendrán del sector turístico y fuentes gubernamentales, donde la derrama del sector es de 9.000 millones de dólares. Sin embargo, esto no está del todo acordado porque los hoteleros consideran que no se deberán pagar más impuestos en el sector turismo.

Los cobeneficios de contar con un seguro para los corales son los siguientes:

- Invertir en la restauración de los corales permitirá tener hasta un 65 % de disminución de los efectos devastadores de los huracanes sobre las ciudades y comunidades de las costas mexicanas (Riquelme, 2018).
- Contar con corales sanos permitirá seguir sosteniendo la biodiversidad con las numerosas poblaciones de organismos marinos asociadas a ellos en el SAM.
- Contar con corales sanos posibilitará continuar sosteniendo a la industria del turismo y la pesquería de forma costo-efectiva debido a los beneficios económicos, de empleo, alimento y bienestar.
- Evaluar los servicios ambientales en términos de protección contra eventos climáticos extremos y el aporte de nutrientes del ecosistema, que pueden alcanzar 31 millones de dólares al año solo en el Parque Nacional de Arrecifes de Cozumel y en el Área de Protección de Flora y Fauna de Isla Cozumel (Riquelme, 2018).
- Monetizar el valor de proteger la naturaleza, lo que impulsará el interés y entendimiento de la resiliencia basada en la naturaleza (ICRI, 2013, 2018).
- Incrementar el interés por utilizar seguros y transferencias de riesgo como medios para proteger a las personas y sus bienes contra los eventos extremos (ICRI, 2013, 2018).

14.8.2.5. Lecciones identificadas

Creatividad financiera con la experiencia de manejo de riesgo para atender el inminente reto que enfrentarán los arrecifes en el SAM y que puede ser seguida por los otros tres países.

Corresponsabilidad al combinar capital privado con recursos públicos que apoyen a los gobiernos locales más vulnerables a planear anticipadamente y con mayor consciencia la protección de su capital natural.

La póliza de seguro paramétrica está diseñada para pagarse rápidamente, contribuir a la reparación y restauración en el evento de un huracán severo y representa la mejor solución para las características del SAM.

14.8.3. Estrategia Española de Adaptación al Cambio Climático en la Costa

14.8.3.1. Introducción a la problemática del caso

Como pone de manifiesto el informe SROCC, existe un compromiso firme y una necesidad de adaptarnos, incluso ante la implementación de políticas de mitigación exigentes. La adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo asociado a

eventos extremos en la costa son, por tanto, necesidades de primer orden para cualquier sociedad costera en el mundo.

Desde 2004, la adaptación al cambio climático ha sido un objetivo prioritario para España debido principalmente a la alta vulnerabilidad de la costa española al cambio climático y a la variabilidad climática. En 2006, tras un amplio proceso de consulta que implicó a los principales órganos de coordinación en materia de cambio climático del país, se aprobó el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). El PNACC es el marco de referencia para la coordinación entre las Administraciones públicas en las actividades relacionadas con la evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España. El PNACC se ejecuta mediante programas de trabajo (PT), que definen de forma concreta las actividades a llevar a cabo. El Primer PT del PNACC, adoptado en el mismo momento de la aprobación del plan, identificó ya entre sus cuatro líneas prioritarias la evaluación del impacto del cambio climático en las zonas costeras. El Segundo PT fue adoptado en 2009, y en él se asumieron e incorporaron todos los trabajos que comenzaron a desarrollarse con el Primer PT. El Tercer PT (2014-2020) contiene entre los ámbitos de trabajo y líneas de actividad priorizadas para diferentes territorios geográficos las zonas costeras, declara que la adaptación debe integrarse en una serie de leyes españolas (es decir, la Ley 22/1988 de 28 de julio de Costas, la Ley 45/2007 de 13 de diciembre sobre el Desarrollo Sostenible de las Zonas Rurales y la Ley 21/2013 de 9 de diciembre sobre la Evaluación Medioambiental), e incluye el desarrollo de una estrategia nacional para la adaptación de las costas.

El instrumento jurídico español más importante para abordar el problema del cambio climático en las zonas costeras es la Ley 2/2013 de 29 de mayo de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988 de 28 de julio de Costas. Además de muchas otras implicaciones, la nueva ley exigió al entonces Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) la puesta en marcha y desarrollo de la Estrategia para adaptación de la costa española a los efectos del cambio climático, que se someterá a Evaluación Ambiental Estratégica, y del Estudio Ambiental Estratégico asociado dentro de los dos años siguientes a su entrada en vigor.

14.8.3.2. Descripción del caso

Teniendo como base lo anterior, la Estrategia que fue diseñada para cumplir con el mandato legal, consta de tres partes fundamentales: (1) diagnóstico de la situación actual; (2) objetivos específicos, directrices generales y opciones de adaptación, y (3) implementación y seguimiento.

Diagnóstico de la situación actual

La Estrategia tiene como objetivo establecer una metodología común y consensuada para la evaluación de los impactos y la vulnerabilidad frente al cambio climático, la variabilidad climática y los eventos extremos en la costa española para identificar los riesgos y consecuencias negativas asociadas. La aplicación de esta metodología de forma coordinada, homogénea e integrada a lo largo de la costa española permitirá realizar diagnósticos periódicos de los riesgos derivados del cambio climático y reducir las incertidumbres.

Objetivos específicos

Los objetivos generales de la Estrategia son: (1) la creación de resiliencia de la costa española frente al cambio climático, la variabilidad climática y los eventos extremos, y (2) la integración de la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión de la costa española. A su vez, estos objetivos incluyen un conjunto de propósitos específicos estructurados en 6 grandes bloques:

1) Diagnóstico. Realizar diagnósticos periódicos para identificar las zonas más vulnerables de la costa española.
2) Participación. Promover el compromiso y la movilización de actores con competencia e intereses estratégicos en la costa en cada una de las diferentes fases del ciclo de adaptación, y explotar los mecanismos de participación existentes, o incorporar otros nuevos.
3) Creación de capacidad y sensibilización. Contribuir a que los actores con competencia e intereses estratégicos en la costa tomen conciencia de las implicaciones de los efectos del cambio climático en el litoral, y a que los organismos públicos y privados con tales competencias e intereses cuenten con el conocimiento, herramientas, formación y habilidades necesarias para la gestión de riesgos.
4) Medidas de adaptación y coordinación. Aumentar la resiliencia de los sistemas frente al cambio climático, la variabilidad climática y los eventos extremos, priorizando soluciones basadas en sistemas naturales frente a artificiales siempre que sea posible; identificar, diseñar e implementar opciones de adaptación con criterios de eficiencia y sostenibilidad; proponer métodos para la evaluación de costos y beneficios que ayuden a priorizar inversiones; garantizar actuaciones planificadas con la información y la metodología necesarias; promover marcos regulatorios y de políticas; aumentar la capacidad de adaptación de los sectores con intereses en la costa; integrar la adaptación al cambio climático en todos los planes y programas implicados en las zonas costeras; promover la solidaridad interterritorial en apoyo a la adaptación; fomentar la gestión integrada que controle la urbanización adicional y la explotación de zonas no urbanas; integrar la Estrategia en el PNACC, y posicionar a España en línea con las prioridades de la UE.
5) Seguimiento y evaluación. Junto con el sistema basado en indicadores del PNACC, la Estrategia trata de incorporar un sistema de seguimiento y evaluación de los impactos del cambio climático en la costa española.
6) Investigación. Promover y favorecer iniciativas que fomenten la investigación sobre el cambio climático, especialmente aquellas líneas que contribuyan a incrementar nuestro cono-

cimiento sobre los factores climáticos y la evaluación de impactos en los sistemas costeros naturales y socioeconómicos, así como las conducentes a una adaptación sostenible.

Directrices generales

Las directrices generales de la Estrategia tienen como fin acotar el alcance de la misma en línea con sus objetivos. La selección de alternativas y acciones vinculadas exige una priorización que debe estar basada en factores con el mayor grado de cuantificación posible y obtenidos con criterios homogéneos para toda la costa española. Además, es necesario gestionar la incertidumbre asociada al cambio climático. Para ello, hay que fijar los siguientes elementos: (1) sistemas costeros, naturales y socioeconómicos sobre los que se consideran los efectos del cambio climático; (2) factores de cambio a considerar en los diagnósticos; (3) determinación de escenarios y proyecciones; (4) impactos incluidos, y (5) niveles de riesgo y consecuencias aceptables.

Opciones de adaptación y alternativas para su implementación

Los objetivos de la Estrategia solo pueden alcanzarse combinando diferentes opciones de adaptación para ser implementadas a través de proyectos específicos. La selección de las medidas más apropiadas es sumamente compleja debido a la gran incertidumbre en la evolución y acumulación de impactos asociados al cambio climático. En general, la Estrategia prioriza la integración de conjuntos de opciones de adaptación que se caractericen por su robustez y flexibilidad para hacer frente a un amplio rango de escenarios futuros, además de por llevar aparejados beneficios adicionales, más allá de meramente la adaptación al cambio climático.

En el Estudio Ambiental Estratégico asociado a la Estrategia se definen alternativas para la implementación de las medidas de adaptación como combinación de (1) umbrales de variación en los niveles de riesgo y/o de consecuencias aceptables, y (2) aproximaciones para mantener los niveles de riesgo y/o de consecuencias aceptables por debajo de los umbrales anteriores. Las alternativas que mejor pueden satisfacer los principios de sostenibilidad y objetivos ambientales marcados por la Estrategia se basan en adaptación flexible, con intervenciones múltiples, distribuidas en el espacio y en el tiempo, y combinadas con la monitorización del riesgo y consecuencias (p. ej., en forma de rutas de adaptación). Esto permite, además, realizar un seguimiento de las medidas de adaptación que se vayan implementando, analizando su nivel de funcionalidad, su eficiencia, aceptación social o efectos ambientales.

Implementación y seguimiento

La Estrategia incluye un programa de seguimiento obligatorio destinado a evaluar el grado de consecución de los objetivos perseguidos y la eficacia de las medidas de adaptación ejecutadas. El programa requiere que todos los proyectos de implementación incorporen un anexo con una descripción del plan de monitoreo ambiental, describiendo las técnicas, frecuencia y tipo de análisis aplicado para evaluar los indicadores seleccionados, así como aquellos indicadores de seguimiento relevantes propuestos por la Estrategia.

14.8.3.3. Limitaciones

La limitación principal de la Estrategia responde al ámbito competencial, pues es solo aplicable al Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT), que es competencia de la Administración General del Estado. Esto puede originar un problema en la gestión de conflictos competenciales, pues la adaptación de la costa a los efectos del cambio climático es una cuestión compleja que requiere la implicación, coordinación y cooperación de la Administración General del Estado, las Comunidades Autónomas y las Administraciones locales. Por tanto, es importante articular los mecanismos que permitan gestionar las diferentes competencias en la zona costera a la hora de implementar la Estrategia de Adaptación.

Otra limitación importante es la ausencia de un marco definido para la toma de decisiones en un escenario de incertidumbre, especialmente aquellas derivadas de las proyecciones climáticas, socioeconómicas y demográficas y su incidencia sobre la evaluación de riesgos.

La Estrategia no identifica vías de financiación concretas ni el procedimiento para implementar los proyectos de adaptación específicos.

Aunque la Estrategia establece un conjunto de indicadores para el seguimiento de la adaptación que vaya a ser implementada, existen importantes limitaciones derivadas de la falta de sistemas y protocolos de sistemas de monitorización estandarizada que permitan evaluar dichos indicadores de manera eficiente y efectiva.

14.8.3.4. Interacciones y cobeneficios

Aunque por competencia del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) las medidas vinculadas a la Estrategia se implementarían en DPMT, es necesario considerar que la Estrategia debe ser coherente con los planes sectoriales de aplicación en el mismo ámbito territorial, ya sean planes transfronterizos, estatales, autonómicos o locales, con los que pueden verse solapadas o tener conexión. Con el objetivo de identificar interacciones, solapes y posibles sinergias, la Estrategia refleja claramente su relación con otros planes relevantes como:

- Plan Nacional de Calidad de las Aguas.
- Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones.
- Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Biodiversidad 2011-2017.

- Plan Estratégico para la Conservación y Uso Racional de los Humedales.
- Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia (EEC-CEL) 2007-2012-2020.
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.
- Planes Hidrológicos y de Gestión de Riesgo de Inundación de las Demarcaciones Hidrográficas.

Asimismo, identifica interacciones con planes y estrategias relevantes de las Comunidades Autónomas.

No obstante, todavía no se han implementado los mecanismos necesarios para que la interacción se produzca de manera eficiente.

En términos de cobeneficios, la Estrategia sienta las bases comunes para un análisis homogéneo de la costa española, lo que permite una gestión más integrada y sostenible. Más aún, MITERD ha iniciado el programa ADAPTA-PIMA Costas que dota de financiación y de un marco general a las Comunidades Autónomas para la recolección, elaboración y normalización de las bases de datos necesarias para evaluar la exposición y vulnerabilidad de las zonas costeras de su región. Asimismo, provee de las proyecciones de las variables climáticas relevantes en la costa para diferentes RCP y horizontes temporales, lo que permite garantizar una cierta uniformidad en la evaluación de riesgos en todo el litoral español. Aunque no se encuentra recogida en la Estrategia, la Ley 2/2013 de 29 de mayo de protección y uso sostenible del litoral requiere la elaboración específica de un plan de adaptación para todos los puertos españoles.

14.8.3.5. Lecciones identificadas

Por su importancia para España, se ha elaborado una Estrategia específica de adaptación de la costa frente al cambio climático. Esta iniciativa no es muy común, puesto que en la mayor parte de los países la adaptación se integra en planes de adaptación globales o como parte de iniciativas en el marco de la gestión integrada de zonas costeras o de la gestión de riesgos. A pesar del conflicto competencial existente en la gestión de la costa en España, se ha favorecido la evaluación de los riesgos del cambio climático en el litoral bajo un marco único y consensuado, descentralizando dicha evaluación a las Comunidades Autónomas mediante una herramienta de financiación que compromete el uso de una metodología y herramientas comunes, lo que favorece que los diagnósticos sean comparables a lo largo de toda la costa española.

14.9. Principales lagunas y necesidades futuras

El análisis realizado pone de manifiesto que la costa es uno de los ámbitos priorizados por prácticamente todos los países RIOCC. Sin embargo, el diagnóstico de la información recogida en este capítulo permite extraer un conjunto de conclusiones acerca de las principales lagunas y necesidades futuras.

En el ámbito institucional, existen importantes diferencias de unos a otros países (ver **Tablas 14.4** a **14.7**) e incluso entre diferentes regiones de un mismo país. Aunque todos han articulado algún plan, estrategia o instrumento para afrontar el cambio climático en zonas costeras, hay una falta de homogeneidad en el abordaje de la problemática y en cómo esta se enmarca en los ámbitos institucional y de gobernanza que condiciona la adaptación futura. Uno de los aspectos más críticos es el competencial, de especial importancia en zonas costeras en las que hay multitud de aspectos sociales, económicos y ambientales que convergen en un área en pleno desarrollo y altamente sensible al cambio climático. Sería importante articular los mecanismos necesarios para compartir experiencias y visiones a este respecto entre los países de la RIOCC.

Asimismo, se ha comprobado que existen multitud de iniciativas, desde los ámbitos regionales hasta los locales, que abordan alguna de las diferentes etapas necesarias en el ciclo de la adaptación (análisis del problema y selección de actores, evaluación de riesgos, análisis de opciones de adaptación, selección, implementación y seguimiento). Sin embargo, e independientemente de en qué fase del ciclo se esté actuando, existe una grandísima fragmentación en las iniciativas, principalmente guiada por los instrumentos de financiación utilizados en cada caso, la pobre coordinación y la insuficiente capacidad institucional. Esto da lugar a que se produzcan la falta de visión estratégica integrada y de medio y largo plazo, duplicidades, inexistencia de priorizaciones, falta de coordinación, mala gestión de los recursos y el fracaso de algunas iniciativas. Sería importante realizar un análisis de las diferentes fuentes de financiación e implementación de iniciativas de adaptación en la costa de los países RIOCC (entidades multilaterales, bancos de desarrollo, agencias de cooperación internacional, organizaciones no gubernamentales y otras entidades privadas) para promover una visión conjunta e integrada conducente a una implementación eficiente y sostenible de la adaptación en la costa.

Otro aspecto a destacar es la falta de información de base para estudios de diagnóstico e implementación y monitorización de la adaptación o incluso la realización de diagnósticos incorrectos. Este inconveniente, que es generalizado, se agudiza especialmente en algunos de los países con menos recursos económicos y/o recursos humanos inadecuadamente capacitados y/o menor capacidad tecnológica. Sería deseable promover y articular iniciativas que facilitaran, bajo protocolos comunes y estandarizados, la obtención de información, datos, metodologías y herramientas sobre amenazas, exposición, vulnerabilidad, valoración de riesgos, evaluación e implementación de medidas y su monitorización en la costa.

Se ha identificado también la falta de conocimiento y de capacidades desde el punto de vista técnico y de gestión. Este problema se ve agravado, en muchas ocasiones, por la

falta de continuidad de los recursos humanos que cuentan con experiencia o que, en un momento dado, han recibido la formación y capacitación necesarias, y de la continuidad de los recursos financieros. La puesta en marcha y la consolidación de procesos formativos y de capacitación específicos originados en las instituciones propias de la región son un factor esencial para garantizar la consolidación y continuidad del conocimiento y de las capacidades.

De manera más específica, existen importantes lagunas de conocimiento en la implementación de la adaptación basada en ecosistemas en la costa que pueden conducir a una adaptación inadecuada o a una mala gestión de los recursos disponibles. Esto es también así en el uso de medidas de adaptación locales basadas en ingeniería que no incluyen en su diseño una visión espacial de conjunto del sistema de defensa costero, incluida la presencia de ecosistemas, su posible integración con otro tipo de medidas o los posibles cobeneficios o daños sociales y ambientales.

Finalmente, es necesario destacar la situación incipiente o inexistente de adecuados mecanismos de gobernanza que aborden problemáticas socioambientales importantes en la zona costera.

14.10. Conclusiones

La adaptación al cambio climático en las costas de los países RIOCC se encuentra entre los sectores prioritarios de las agendas de los países de la región debido a los importantes riesgos sobre los sectores socioeconómicos y los ecosistemas localizados en sus costas.

El análisis de las amenazas muestra que el aumento del nivel medio del mar, las posibles modificaciones en la variabilidad asociada a El Niño y La Niña, los eventos extremos y los cambios en la temperatura del mar y la acidificación son contribuyentes importantes al aumento de los riesgos en el futuro. Sin embargo, los cambios en la intensidad y frecuencia de estos eventos muestran una gran heterogeneidad a lo largo de la región.

Al margen de los cambios en las amenazas, el aumento de la exposición debido al crecimiento de los asentamientos costeros, de las grandes urbes en zonas costeras o infraestructuras turísticas sin una planificación resiliente al cambio climático es otra de las causas del incremento del riesgo. Más aún, el riesgo se ve incrementado por la vulnerabilidad social (pobreza, medios de vida vinculados a las actividades costeras, analfabetismo, etc.) de las comunidades asentadas en zonas costeras. Las presiones antrópicas han causado daños importantes sobre los ecosistemas costeros que contribuyen a aumentar la falta de resiliencia en la costa.

La adaptación al cambio climático de las costas de Iberoamérica se está produciendo en dos niveles muy diferenciados. Por un lado, la adaptación programada está en un proceso de formulación a través de la generación de políticas y planes específicos, generalmente integrados en políticas de reducción de riesgos o de manejo costero. Por otro, en la actualidad, existe una gran variedad de organismos multilaterales, ONG y entidades de cooperación internacional que están financiando e implementando un buen número de iniciativas para la evaluación de riesgos de cambio climático en la costa o actividades encaminadas a la adaptación. Sin embargo, en muchos casos estas actividades son fragmentadas e inconexas, duplicando objetivos o implementando proyectos que, por diferentes circunstancias, han resultado fallidos. La mayor parte de este tipo de iniciativas se está orientando a la evaluación de riesgos y la formulación de planes de adaptación o a la implementación de medidas de adaptación basadas en ingeniería tradicional, implantación de tecnologías de sistemas de alerta temprana o restauración de ecosistemas, con una menor incidencia sobre prácticas como los cambios en la regulación, ordenación territorial y normativas relevantes o la implementación de instrumentos financieros y económicos.

La mejora en la gobernanza de todo este proceso y la colaboración institucional a todos los niveles son pilares esenciales para que los fondos destinados a la lucha contra el cambio climático en la costa tengan un impacto real y conduzcan a una adaptación efectiva y justa.

Entre las barreras técnicas identificadas por los diferentes países de la región se encuentran la falta de datos de calidad o del acceso a los existentes; la necesidad de disponer de información (proyecciones, datos de exposición y vulnerabilidad) de alta resolución (local) y calidad; la falta de criterios, metodologías y herramientas estandarizadas para la evaluación de riesgos del cambio climático y para la implementación de la adaptación o la definición de métricas y mecanismos para la evaluación de la adaptación. Entre las barreras institucionales y sociales destacan la problemática competencial, especialmente relevante en la costa, la ausencia de políticas específicas, la falta de concienciación social, y la carencia de conocimiento y capacidades suficientes para abordar el problema.

Preguntas frecuentes

1. ¿Cuáles son los principales riesgos del cambio climático en las costas de Iberoamérica?

Desde el punto de vista climático, los riesgos más importantes sobre los sistemas costeros de los países RIOCC vienen determinados por el aumento del nivel medio del mar, de la temperatura del océano (temperatura superficial) y de la acidificación. También tendrán un efecto importante en la costa los cambios en el régimen hídrico. El aumento del nivel medio del mar inducirá esencialmente impactos de inundación y erosión, mientras que los incrementos en la temperatura y la acidificación afectarán a la salud y extensión de los ecosistemas costeros. Sin embargo, a la hora de cuantificar los ries-

gos, existe una importante variabilidad geográfica en la región producto de a) las características propias de cada tramo de la costa; b) la intensidad y frecuencia en los cambios de los forzadores de origen climático en cada región; c) el nivel de exposición y vulnerabilidad de la costa a cada uno de los impactos; d) los posibles efectos antrópicos que pueden contribuir a incrementar o reducir los impactos de origen climático, y e) la existencia o no de estrategias/medidas de adaptación y reducción del riesgo.

2. ¿Cuáles son las comunidades y sectores que más pueden verse afectados por el cambio climático en la costa?

Considerando el marco del riesgo utilizado en este capítulo, las comunidades y sectores más afectados por el cambio climático en la costa serán aquellos donde la magnitud del cambio en intensidad y frecuencia de las amenazas de origen climático sean mayores; donde exista una gran exposición a sus impactos; donde la vulnerabilidad de los elementos expuestos sea grande, y donde se dé cualquier combinación de las anteriores o allá en donde no se implementen estrategias de adaptación que puedan reducir el incremento del riesgo producido por el cambio climático. A lo largo de las costas de los países RIOCC existe una gran heterogeneidad en la distribución de los anteriores factores. Por ejemplo, en cuanto a las amenazas se refiere, se espera un aumento mayor del nivel medio del mar en la zona atlántica y el Caribe; sin embargo, los mayores aumentos de las alturas de ola extrema se esperan en las costas de Chile. La exposición es mayor en las zonas más bajas del litoral y sobre todo en las zonas donde existe una gran acumulación de población y activos, es decir, asentamientos urbanos o rurales en áreas bajas de la costa. La vulnerabilidad es mayor en países con menos recursos económicos, donde, además, algunas comunidades tienen una alta dependencia de la costa para conseguir sus medios de vida. La convergencia de varios de estos elementos se produce especialmente en los países RIOCC que son Estados insulares o en sistemas insulares asociados a los diferentes países, donde además algunas de las infraestructuras críticas están en la costa o en las que gran parte de la actividad económica está directamente vinculada a la costa (turismo, pesca, etc.).

En cuanto a los ecosistemas se refiere, los arrecifes de coral son el ecosistema costero más amenazado por el cambio climático.

3. ¿Cuáles son las estrategias más comunes para la adaptación al cambio climático en la costa que se están siguiendo en los países RIOCC?

En la mayor parte de los países RIOCC la adaptación programada se encuentra en un estado incipiente. La opción predominante está siendo la formulación de estrategias y planes que se ha optado por integrar en el marco de otras políticas sectoriales ya bien instauradas, como aquellas destinadas a la reducción de riesgos o al manejo costero. Estas estrategias y planes están siendo implementadas con recursos propios de los países o través de la contribución de una gran variedad de organismos multilaterales, ONG y entidades de cooperación internacional muy activos en este ámbito en la región. Desafortunadamente, esto está conduciendo en muchas circunstancias a la duplicación de acciones o a la implementación de proyectos no suficientemente integrados dentro del marco de planificación propia de los países, por lo que sería altamente recomendable incrementar la coordinación horizontal y vertical en el ámbito de la adaptación.

Entre las medidas más comúnmente implementadas están aquellas basadas en la ingeniería tradicional, la implantación de tecnologías de sistemas de alerta temprana o la restauración de ecosistemas.

Asimismo, se han detectado varias acciones de adaptación autónoma, especialmente entre las comunidades más vulnerables.

4. ¿Qué barreras es necesario superar en el corto plazo para lograr una adaptación eficiente?

Para lograr una adaptación eficiente en el corto plazo es necesario abordar, principalmente, dos tipos de barreras: las de naturaleza técnica y las que inciden sobre aspectos institucionales, sociales y de gobernanza.

En relación con esta última, existe una problemática competencial prácticamente en todos los países debida al reparto de competencias en la costa entre los diferentes niveles de gobernanza, desde el nacional hasta el local. Además, salvo en contadas excepciones, existe una ausencia de políticas específicas de adaptación en la costa, lo que dificulta la elaboración de planes y la asignación de recursos específicos para la implementación de medidas de adaptación. Se identifica también una carencia importante de capacitación institucional, absolutamente necesaria para abordar el problema.

Este último aspecto está directamente vinculado con la otra gran barrera identificada en la región y que se deriva de la ausencia de bases de datos para la determinación de las líneas de base y proyecciones futuras; metodologías y herramientas que permitan la evaluación de los riesgos derivados del cambio climático en la costa, y guías específicas para la implementación y seguimiento de medidas efectivas.

Bibliografía

Adger, W.N., S. Agrawala, M.M.Q. Mirza, C. Conde, K. O'Brien, J. Pulhin, R. Pulwarty, B. Smit y K. Takahashi, 2007: Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. En: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental*

Panel on Climate Change [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 717-743.

AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo), 2018: I *Encuentro regional sobre gestión de riesgos vinculados al cambio climático en zonas costeras: experiencias y prioridades de trabajo para los próximos años. 12 y 13 de diciembre de 2017*. Centro de Formación de la Cooperación Española en La Antigua Guatemala, 68 pp.

Ardisson, P.L., M.A. May-Kú, M.T. Herrera-Dorantes y A. Arellano-Guillermo, 2011: El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: consideraciones para su designación como zona marítima especialmente sensible. *Hidrobiología,* vol. 21(3), ISSN: 0188-8897, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000300005

Beck, M.W, I.J. Losada, P. Menendez, B.G. Reguero, P. Diaz-Simal y F. Fernandez, 2018: The global flood protection savings provided by coral reefs. *Nature Communications,* 9, artículo 2186.

Bernal, G., A.F. Osorio, L. Urrego, D. Peláez, E. Molina, S. Zea, R.D. Montoya y N. Villegas, 2016: Occurrence of energetic extreme oceanic events in the Colombian Caribbean coasts and some approaches to assess their impact on ecosystems. *Journal of Marine Systems,* 164, 85-100, http://dx.doi.org/10.1016/j

Bravo, L., R.J. Hernández, I. Llatas y A. Salcedo, 2010: Desarrollo de un sistema de alerta temprana comunitario en el Estado Vargas. *Revista temas de coyuntura,* 61, http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/temasdecoyuntura/issue/view/102/showToc

Bruun, P., 1962: Sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Waterways, Harbor Division.* Proceedings American Society of Civil Engineers, 88.

Calil, J., B.G. Reguero, A.R. Zamora, I.J. Losada y F.J. Méndez, 2017: Comparative Coastal Risk Index (CCRI): A multidisciplinary risk index for Latin America and the Caribbean. *Plos One,* 12 (11): e0187011.

Carvajal, M., M. Contreras-López, P. Winckler e I. Sepúlveda, 2017: Meteotsunamis occurring along the southwest coast of South America during an intense storm. *Pure and Applied Geophysics,* 174(8), 3313-3323.

Camus, P., I.J. Losada, C. Izaguirre, A. Espejo, M. Menendez y J. Pérez, 2017: Statistical wave climate projections for coastal impact assessments. *Earth's Future (AGU),* 5, 918-933.

Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper y B.T. Sinh, 2012: Determinants of risk: exposure and vulnerability. En: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor y P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK y New York, NY, USA, pp. 65-108.

CEPAL, 2012a: Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y Caribe: Vulnerabilidad y Exposición. *Publicación LC/W,* 460, Naciones Unidas. Santiago de Chile., 171 pp.

CEPAL, 2012b: Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y Caribe: Riesgos. *Publicación LC/W,* 483, Naciones Unidas. Santiago de Chile, 41 pp.

Church, J.A., P. Clark, A. Cazenave, J. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M. Merrifield, G. Milne, R.S.Nerem, P. Nunn, A. Payne, W. Pfeffer, D. Stammer y A. Unnikrishnan, 2013: Sea level change. En: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* [Stocker, T.F. *et ál.* (ed.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK y New York, NY, USA.

Contreras-López, M., P. Winckler y M. Molina, 2012: Implicancias de la variación del nivel medio del mar por cambio climático en obras de ingeniería costera de Chile. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile,* 124(2), pp. 53-66.

Duarte, C.M, I.J. Losada, I. Hendriks, I. Mazarrasa y N. Marba, 2016: Corrigendum: The potential of coastal habitats for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change,* vol. 6, 802.

Ferrario, F., M.W. Beck, C.D. Storlazzi, F. Micheli, C.C. Shepard y L. Airoldi, 2014: The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nature Communications,* 5, 3794.

Frieler, K., M. Meinshause, A. Golly, M. Mengel, K. Lebek, S.D. Donner y O. Hoehg-Guldberg, 2013: Limiting global warming to 2 °C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change,* 3, 166-170.

Giannini, V., E. Ramieri *et ál.,* 2017: A participatory process to design climate change adaptation measures for the Carmen-Pajonal-Machona Lagoon System in Mexico. En: *Climate Change Adaptation in North America* [Filho, W.L. y H.M. Keenan]. Springer.

Gibson, J., 2011: The Belize Barrier Reef: a World Heritage Site (La Barrera Arrecifal de Belice: Un sitio de Patrimonio Mundial). En: *Too Precious to Drill: the Marine Biodiversity of Belize (Demasiado preciado para hacer perforaciones: la biodiversidad marina de Belice)* [Palomares, M.L.D. y D. Pauly (eds.)], pp. 8-13. Informes de Fisheries Centre Research 19(6). Fisheries Centre, Universidad de Columbia Británica, ISSN: 1198-6727.

Gómez-Erache, M.G., D. Conde y R. Villamarzo, 2010: *The sustainability of integrated management in the coastal zone of Uruguay: Connecting knowledge to action.* Montevideo: Ecoplata, www.ecoplata.org/documentos

González-Baheza, A. y A. Arizpe, 2018: Vulnerability assessment for supporting sustainable coastal city development: a case study of La Paz, Mexico. *Climate and Development,* 10:6, 552-56.

Guzman, W., B.O. Posada, G. Guzman y D. Morales, 2008: *Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de Erosión Costera en Colombia (PNIEC): Plan de Acción 2009-2019 Invemar.* Santa Marta, Colombia.

Hastings, J.G., 2011: International environmental NGOs and conservation science and policy: A case from Brazil. *Coastal Management,* 39(3), 317-335.

Hinkel, J., R.J. Nicholls, R.S.J. Tol, Z.B. Wang, J.M. Hamilton, G. Boot, A.T. Vafeidis, L. McFadden, A. Ganopolski y R.J.T. Klein, 2013: A global analysis of erosion of sandy beaches and sea-level rise: An application of DIVA. *Global and Planetary Change*, 111, 150-158.

Hoegh-Guldberg, O., R. Cai, E.S. Poloczanska, P.G. Brewer, S. Sundby, K. Hilmi, V.J. Fabry y S. Jung, 2014: The Ocean. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 1655-1731.

ICRI (Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad), 2013: *Seguros en base a índices climáticos y riesgo climático: perspectivas para el desarrollo y la gestión de desastres.* Serie Clima y Sociedad n.° 2. Documento web consultado el 20 de abril

de 2018, https://iri.columbia.edu/wp-content/uploads/2013/07/Clima0y0Sociedad0No02.pdf.

ICRI (Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad), 2018. *Seguros en base a índices climáticos y riesgo climático: Perspectivas para el desarrollo y la gestión de desastres.* Serie Clima y Sociedad n.º 2. Documento web consultado el 20 de abril de 2018, http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt/gateway/PTARGS_0_5 024_6450_0_0_18/Clima0y0Sociedad0No02.pdf

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA, 2017. *Análisis de vulnerabilidad y riesgo por cambio climático en Colombia.* Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA, FMAM. Bogotá DC, Colombia.

IHCantabria, 2019: *Elaboración de la metodología y bases de datos para la proyección de impactos de cambio climático a lo largo de la costa española: Proyecciones de alta resolución de variables marinas en la costa española.* Ministerio para la Transición Ecológica, 65 pp.

INVEMAR, 2003. Programa holandés de asistencia para estudios en cambio climático: Colombia. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. En: *Programa para Investigación Marina y Costera - GEZ* [Vides, M.P. (ed).], VII tomos, Resumen Ejecutivo y CD Atlas digital. Santa Marta, Colombia.

IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [equipo de redacción, Pachauri, R.K y A. Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir,M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, 1132 pp.

Keller, M., D. Echevarría y J. Parry, 2011: *Review of current and planned adaptation action: Central America and Mexico. Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, México y Panamá.* International Institute for Sustainable Development (IISD). Adaptation Partnership, 143. Obtenido de www.adaptationpartnership.org

Kramer, P.A. y P.R. Kramer, 2000: *Ecological status of the Mesoamerican Barrier Reef System. Imcaps of Hurricane Mitch and 1998 coral bleaching.* Informe final al Banco Mundial, http://documents.worldbank.org/curated/en/445151468017339734/pdf/600160ESW0Whit101public10B0X358303B.pdf

Lacambra, C., I. Möller y T. Spencer, 2008: *The Need for an Ecosystem-Inclusive Vulnerability Index for Coastal Areas in Colombia.* Source 10, 82-108.

Lacambra Segura, C.L., 2010: *Ecosystem-Inclusive Coastal Vulnerability Assessment in Tropical Latin America.* Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Universidad de Cambridge. Reino Unido.

Lacambra, C., D. Friess, T. Spencer e I. Moeller, 2013: Bioshields: mangrove ecosystems as resilient natural coastal defences. En: *The role of ecosystems in disaster risk reduction: From science to practice* [Renaud F. *et ál.* (ed.)]. UNU-Press, Bonn, Alemania.

Losada, I.J., B.G. Reguero, F.J. Mendez, S. Castanedo, A.J. Abascal y R. Minguez, 2013: Long-term changes in sea level components in Latin America and the Caribbean. Global and Planetary Change. *ELSEVIER,* vol. 104, 34-50.

Losada, I.J., A. Toimil, A. Muñoz, A.P. García-Fletcher y P. Díaz-Simal, 2019: A planning strategy for the adaptation of coastal áreas to climate change: The Spanish case. *Ocean and Coastal Management,* 182, 104983.

Magrin, G.O., J.A. Marengo, J.-P Boulanger, M.S. Buckeridge, E. Castellanos, G. Poveda, F. Scarano y S Vicuña, 2014: Central and South America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, 1499-1545.

Marengo, J.A., L.H. Nunes, C.R.G. Souza, J. Harari, F. Muller-Karger, R. Greco, E.K. Hosokawa, E.K. Tabuchi, S.B. Merrill, C.J. Reynolds, M. Pelling, L.M. Alves, L.E. Aragao, S.C. Chou, F. Moreira, S. Paterson, J.T. Lockman y A.G. Gray, 2017: A globally deployable strategy for co-development of adaptation preferences to sea-level rise: the public participation case of Santos, Brazil. *Natural Hazards,* 88, 39-53.

Martins, K.A., P. de Souza Pereira, R. Silva-Casarín y A. Vasconcelos Nogueira Neto, 2017: The influence of climate change on coastal erosion vulnerability in Brazil. *Coastal Engineering Journal,* vol 59(2), *paper* 1740007.

Menendez, P., I.J. Losada, S. Torres-Ortega, S. Narayan y M.W. Beck, 2020: Global flood protection benefits of mangroves. *Scientific Reports,* 10:4404.

Merlotto, A., G.R. Bértola y M.C. Piccolo, 2016: Hazard, vulnerability and coastal erosion riks assessment in Necochea Municipality, Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Coastal Conservation,* 20 (5): 351-362.

McGranahan, G., D. Balk y B. Anderson, 2007: The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization,* 19(1): 17-37.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018: *Resumen Plan Maestro de Erosión Costera.* Bogotá, Colombia.

Ministerio do Meio Ambiente, 2018: *Panorama da erosão costeira no Brasil* (recurso electrónico). Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial, Organização Dieter Muehe. Brasilia, FD, 759 pp., ISBN: 9788577383948.

MITERD, 2017: *Estrategia de adaptación al cambio climático de la costa española,* https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategiaadaptacionccaprobada_tcm30-420088.pdf

Mollica, N., W. Guo, A. Cohen, K.-F. Huang, G. Foster, H. Donald y A. Solow, 2018: Ocean acidification affects coral growth by reducing skeletal density. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115. 201712806. 10.1073/pnas.1712806115.

Moss, R.H., J.A. Edmonds, K.A. Hibbard, M.R. Manning, S.K. Rose, D.P. van Vuuren *et ál.,* 2010, The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature,* 463, 747-756.

Moura, R.L.D., C.B. Minte-Vera, I.B. Curado, R.B. Francini Filho, H.D.C.L. Rodrigues, G.F. Dutra y F.J.B., Souto, 2009: Challenges and prospects of fisheries co-management under a marine extractive reserve framework in northeastern Brazil. *Coastal Management,* 37(6), 617-632.

MVOTMA, 2019, Entregable 4.2. En: *Desarrollo de herramientas tecnológicas para la evaluación de los impactos, vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en la zona costera de Uruguay,* MVOTMA y CTCN.

Nagy, G.J., M. Gomez-Erache y R. Kay, 2015: A risk based and participatory approach to assessing climate vulnerability and improving governance in coastal Uruguay. Ch 16: 357-378. En: *Climate change and the coast: Building resilient Communities* [Glavovic, B., R. Kay, M. Kelly y A. Travers (eds.)]. London: CRC Press, Taylor & Francis Group. Print ISBN: 9780415464871, DOI: 10.1201/b18053-23

Narayan, S., M.W. Beck, B.G. Reguero, I.J. Losada, B. van Wesenbeeck, N. Pontee, J.N. Sanchirico, J.C. Ingram, G.-M. Lange y K.A. Burks-Copes, K. A. (2016). The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences. *Plos One,* 11(5), e0154735.

Nawaz, S., N. Bood y V. Shal, 2017: *Patrimonio natural, riqueza natural: Destacando los beneficios económicos del Sitio Patrimonio Mundial del Sistema de Reservas de la Barrera Arrecifal de Belice.* WWF, http://awsassets.panda.org/downloads/belize_patrimonio_natural.pdf

Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha y A. Villamizar, 2014: Adaptation needs and options. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 833-868.

Oliver, E.C.J. *et ál.,* 2018a: Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nature Communications,* 9 (1), 1324, DOI: 10.1038/s41467-018-03732-9

Ortiz-Lozano, L., 2017: *El Sistema Arrecifal Mesoamericano en la biodiversidad mexicana.* La Jornada Ecológica, Documento web consultado el 23 de abril de 2018, http://ecologica.jornada.com.mx/2017/04/02/el-sistema-arrecifalmesoamericano-en-la-biodiversidad-mexicana-3059.html

Osorio-Cano, J.D., A.F. Osorio y D.S. Peláez-Zapata, 2017: Ecosystem management tools to study natural habitats as wave damping structures and coastal protection mechanisms. *Ecological Engineering,* https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.015

PBMC (Painel Brasilero de Mundanças Climáticas), 2016: *Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras as mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas* [Marengo, J.A. y F.R. Scarano (eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Río de Janeiro, Brasil, 184 pp., ISBN: 9788528503456.

Perdomo, M., 2012: *Proyecto Políticas Climáticas 2012: preparando estrategias climáticas.* Programa para el Desarrollo de Naciones Unidas, Centro regional LAC, Panamá, Panamá, www.undp.org/content/dam/.../JTPoliticas-2012-Enfrentadas_rev_jt.pdf

Piou, C., I.C. Feller, U. Berger y F. Chi, 2006: Zonation Patterns of Belizean Offshore Mangrove Forests 41 Years After a Catastrophic Hurricane. *BIOTROPICA,* 38: 365-374.

Posada, B. y W. Henao, 2008: Diagnóstico de la erosión costera en la zona costera del Caribe colombiano. *Revista INVEMAR.*

PRODOC, 2008: *Pilot sites of adaptation measures to climate change in the Uruguayan Coastal areas, project document prepared for UNDP/GEF Trust Fund,* pág. 131, http://www.undp.adaptationlearning.net/spa

Reguero, B.G., I.J. Losada, P. Diaz-Simal, F.J. Mendez y M.W. Beck, 2015: Effects of climate change on exposure to coastal flooding in Latin America and the Caribbean. *Plos One,* 10(7), e0133409.

Reguero, B.G., F. Secaira, A. Toimil, M. Escudero, P. Diaz-Simal, M.W. Beck, R. Silva, C. Storlazzi e I.J. Losada, 2019: The risk reduction benefits of the Mesoamerican reef in Mexico. *Frontiers in Earth Science,* 7, 25.

Riquelme, R., 2018: Innovación social y tecnología para preservar el valor de los arrecifes mexicanos. *El Economista* (24 de marzo de 2018, 19:55). Sitio web consultado el 23 de abril de 2018, https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/Innovacionsocial-y-tecnologia-para-preservar-el-valor-de-los-arrecifesmexicanos-20180324-0014.html

Romero-Lankao, P., J.B. Smith, D.J. Davidson, N.S. Diffenbaugh, P.L. Kinney, P. Kirshen, P. Kovacs y L. Villers Ruiz, 2014: North America. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, 1439-1478.

Silva, R., M.L. Martinez, P.A. Hesp, P. Catalán, A.F. Osorio, R. Martell, M. Fossati, G. Miot da Silva, I. Mariño-Tapia, P. Pereira, R. Cienfuegos, A. Klein y G. Govaere, 2014: Present and future challenges of coastal erosion in Latin America. *Journal of Coastal Research,* 71, 1-16.

Silva, R., D. Lithgow, L.S. Esteves, M.L. Martínez, P. Moreno-Casasola, R. Martell, O. Pereira, E. Mendoza, A. Campos-Cascaredo, P.W. Grez, A.F. Osorio, J.D. Osorio-Cano y G.D. Rivillas, 2017: Coastal mitigation by green infrastructure in Latin America. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Maritime Engineering,* DOI: 10.1680/jmaen.2016.13

Snäll, T., J. Lehtomäki, A. Arponen, J. Elith y A. Molanen, 2016: Green infrastructure design based on spatial conservation prioritization and modeling of biodiversity features and ecosystem services. *Environmental Management,* 57: 251-256.

Solari, S., R. Alonso y L. Teixeira, 2018: Analysis of Coastal Vulnerability along the Uruguayan coasts. *Journal of Coastal Research: Special Issue*, 85. Proceedings of the 15th International Coastal Symposium, pp. 1536-1540.

Spalding, M., M. Kainuma y L. Collins, 2010: *World Atlas of Mangroves.* Easthscan, Londres. Reino Unido.

Spalding, M., S. Ruffo, C. Lacambra, I. Meliane, L.Z. Hale, C. Shepard y M. Beck, 2014: The role of ecosystems in coastal protection: adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean and Coastal Management,* 90: 50-57

Sudmeier-Rieux, K., 2018: Global literature review on ecosystem-based disaster risk reduction. *New Dimensions for Natural Hazards in Asia,* 4-8 de febrero de 2018. Tagaytay, Philippines.

The Nature Conservancy, 2018: El gobierno de Quintana Roo y The Nature Conservancy anuncian mecanismo financiero innovador para asegurar y conservar arrecifes. *EmpreFinanzas*, 8 de marzo de 2018. Sitio web consultado el 21 de abril de 2018, http://www.emprefinanzas.com.mx/?p=6519

Toimil, A., I.J. Losada, P. Diaz-Simal, C. Izaguirre y P. Camus, 2017a: Multisectoral high-resolution assessment of climate change

consequences of coastal flooding. *Climatic Change,* 145(3-4): 431-444.

Toimil, A., I.J. Losada, P. Camus y P. Diaz-Simal, 2017b: Managing coastal erosion under climate change at the regional scale. *Coastal Engineering,* 128, 106-122.

Toimil, A., P. Diaz-Simal, I.J. Losada y P. Camus, 2018: Estimating the loss of beach recreational value under climate change. *Tourism Management,* 68, 387-400.

Van Hooidonk, R., J.A. Maynard, Y. Liu y S.-K. Lee, 2015: Downscaled projections of Caribbean coral bleaching that can inform conservation planning. *Global Change Biology,* 21, 3389-3401.

Vides, M.P. y P.C. Sierra-Correa, 2014: Environmental policy analysis and institutional mapping: Towards an integrated climate policy to reduce Colombian Caribbean's sea level rise risk. *Bol. Invemar,* 43(2), 307-328. Santa Marta, julio-diciembre de 2014, ISSN: 0122-9761.

Villamizar, A., M.E. Gutiérrez, G.J. Nagy, R.M. Caffera y W. Leal Filho, 2016: Climate adaptation in South America with emphasis in coastal areas: the state-of-the-art and case studies from Venezuela and Uruguay. *Clim Dev,* 5529: 1-19.

Wetlands International, 2012: *Desarrollo del componente «humedales» del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de Argentina,* http://lac.wetlands.org/WHATWEDO/Adaptaci%C3%B3nalCambioClim%C3%A1tico/tabid/2127/Default.aspx

Whitfield, S. *et ál.,* 2019: Exploring temporality in socio-ecological resilience through experiences of the 2015-16 El Niño across the Tropics. *Global Environmental Change,* 55, pp. 1-14.

Wong, P.P., I.J. Losada, J.-P. Gattuso, J. Hinkel, A. Khattabi, K.L. McInnes, Y. Saito y A. Sallenger, 2014: Coastal systems and low-lying areas. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, USA, pp. 361-409.

Zanetti, V.B., W.C. De Sousa y D.M de Freitas, 2016: A climate change vulnerability index and case study in a Brazilian coastal city. *Sustainability,* 8(8), 811.

15

Turismo

Carlos Fernando Mena (Ecuador), María Belén Gómez Martín (España), David Manuel-Navarrete (México/EE. UU.), Luis Lecha Estela (Cuba) y Eliezer Nieves Rodríguez (Puerto Rico, EE. UU.).

Se recomienda citar este texto como:

Mena, C.F., M.B. Gómez Martín, D. Manuel-Navarrete, L. Lecha Estela y E. Nieves Rodríguez, 2020: Turismo. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT.* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 615-650, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo ... **617**

15.1. Introducción ... **617**

15.1.1. Marco conceptual ... 618

15.1.2. Principales cifras del sector turístico ... 618

15.1.3. Relación entre turismo y cambio climático ... 619

15.1.4. El turismo en informes previos ... 620

15.2. Componentes del riesgo en relación con el sector turístico ... **621**

15.2.1. Amenazas ... 621

15.2.2. Exposición ... 622

15.2.3. Vulnerabilidad ... 622

15.3. Caracterización de los riesgos e impactos ... **623**

15.3.1. Turismo de montaña y deportes de nieve ... 623

15.3.2. Turismo de naturaleza: bosques, ríos y lagos ... 625

15.3.3. Turismo de naturaleza: observación de la biodiversidad ... 625

15.3.4. Turismo de ciudad y turismo cultural ... 626

15.3.5. Turismo marino y costero ... 627

15.4. Medidas de adaptación ... **627**

15.4.1. Opciones de adaptación ... 627

15.4.2. Actividades de adaptación planificada ... 630

15.4.2.1. Adaptación a nivel nacional ... 630

15.4.2.2. Subnacional y local ... 631

15.5. Barreras, oportunidades e interacciones ... **635**

15.5.1. Barreras ... 635

15.5.2. Oportunidades ... 635

15.5.3. Interacciones con la mitigación ... 635

15.6. Medidas/indicadores de la efectividad de la adaptación ... **638**

15.7. Casos de estudio ... **639**

15.7.1. Turismo de nieve en España ... 639

15.7.1.1. Resumen ... 639

15.7.1.2. Introducción ... 640

15.7.1.3. Descripción del caso ... 640

15.7.1.4. Limitaciones y lecciones aprendidas ... 640

15.7.2. Turismo de naturaleza en las islas Galápagos, Ecuador ... 641

15.7.2.1. Resumen ... 641

15.7.2.2. Introducción ... 641

15.7.2.3. Descripción del caso ... 641

15.7.2.4. Limitaciones y lecciones identificadas ... 642

15.8. Principales lagunas y necesidades futuras ... **642**

15.9. Conclusiones ... **643**

Bibliografía ... **644**

Resumen ejecutivo

La relación entre cambio climático y turismo es compleja, pues nos referimos a un sistema donde ambos componentes están fuertemente acoplados, con relaciones no lineales y puntos de quiebre a diferentes escalas temporales y espaciales. Este capítulo revisa las principales características del turismo y su relación con el cambio climático, así como el riesgo a la que están expuestas diferentes modalidades de turismo. También se describen algunas de las principales medidas de adaptación y dos casos de estudio que ilustran las diferencias existentes según los diversos contextos territoriales y turísticos. Finalmente, se trata de establecer las barreras y oportunidades, así como identificar las principales lagunas del conocimiento y líneas de actuación prioritarias.

La industria del turismo en Iberoamérica es una de las más importantes desde el punto de vista económico, pues constituye de manera directa entre el 3,2 y 5,1 % del PIB de Latinoamérica y de los países de la Península Ibérica. Considerando su importancia, cualquier cambio en los parámetros climáticos óptimos puede traer grandes consecuencias económicas para la industria. Los impactos a los que está expuesta la industria del turismo pueden ser causados, entre otros, por cambios ambientales «globales» (p. ej., subida del nivel de los océanos o incremento de frecuencia del fenómeno de El Niño) o por cambios biofísicos y ecosistémicos «locales» agravados por procesos de cambio climático global (p. ej., dinámicas de erosión costera agravados por una mayor intensidad de fenómenos climáticos extremos).

Entre las principales amenazas del cambio climático que pueden afectar al sector turístico se encuentran el aumento de las temperaturas, del nivel medio del mar, de las precipitaciones intensas, de los eventos meteorológicos o climáticos extremos o de la disminución de las precipitaciones. Específicamente, (a) el aumento de la temperatura y de los periodos secos puede contribuir al incremento del consumo de agua y de energía, a la disminución del confort térmico, a la mayor ocurrencia de enfermedades, a la contaminación de los acuíferos y cuerpos de agua, y a la vulnerabilidad de algunos hábitats y ecosistemas; (b) el aumento del nivel medio del mar puede contribuir a los siguientes procesos: alteración en la dinámica de la erosión costera, destrucción de hábitats y ecosistemas más sensibles, reducción de la calidad de los recursos hídricos, de los suelos, y mayor riesgo para poblaciones, infraestructuras y equipamientos localizados cerca de la línea costera; (c) los periodos de precipitación más intensa pueden provocar alteración de ecosistemas y hábitats sensibles o alteración de los destinos turísticos, y (d) el incremento de la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos o climáticos extremos como tormentas tropicales y huracanes afectará a la seguridad física de las personas presentes en el destino y a su infraestructura. Todo ello puede llevar a cambios en la estacionalidad de los destinos turísticos, especialmente relacionados con sol, playa o nieve.

En la región se necesitan más medidas de adaptación para la industria del turismo y para los lugares que sirven como destino. Estas medidas de adaptación deben ser diseñadas de tal modo que promuevan el desarrollo humano y el alivio de la pobreza en los destinos con el fin de lograr comunidades más resilientes y garantizar la gestión de los riesgos de desastres naturales y el manejo y conservación de los ecosistemas. La planificación del uso del suelo y la adopción de opciones tecnológicas para la construcción de infraestructura también se deben incluir como procesos centrales.

En muchos países de Iberoamérica es necesario reformular el modelo turístico vigente de tal modo que la operación, generación de infraestructura e inversión sean climáticamente inteligentes, es decir, que se tengan en cuenta las capacidades de los destinos y la resiliencia de las comunidades y ecosistemas frente al cambio climático. Asimismo, se recomiendan el fomento de políticas que generen incentivos financieros, que incluyen seguros y bonos de catástrofe, y de programas para la adopción de tecnologías limpias para operaciones turísticas y uso sustentable del recurso hídrico.

La adaptación al cambio climático del sector turístico es esencial para el desarrollo social y económico de los países. Sin embargo, este estudio encuentra que los actores locales y nacionales relacionados con la industria del turismo no han dado prioridad al cambio climático, lo que se refleja en los bajos niveles de adaptación en los países de Iberoamérica.

15.1. Introducción

En Iberoamérica, la relación entre cambio climático y turismo es estrecha. Por un lado, los factores climáticos óptimos permiten la existencia de diferentes formas de turismo, por lo que existe una interdependencia entre ambos. Consecuentemente, millones de personas basan sus modos de vida en distintas formas de aprovechamiento del turismo. Por otro lado, los actores locales y nacionales relacionados con la industria del turismo no han mostrado hasta ahora preocupación por el cambio climático (Shakeela y Becken, 2015), lo que se traduce en bajos niveles de adaptación en los países de Iberoamérica. La adaptación al cambio climático del sector turístico es esencial para el desarrollo social y económico de los países, así como para la conservación de ecosistemas claves. En la industria del turismo, la adaptación tiene como objetivo resistir, moderar y sobrellevar las consecuencias del cambio climático a través de la reducción de la exposición y de la vulnerabilidad (Jopp *et ál.,* 2010).

Existe un desbalance notable en los niveles de adaptación del turismo entre los países de Iberoamérica (Martens y Chang, 2017). En esta región, la adaptación del turismo al cambio climático no ha recibido la misma atención que otros sectores, como por ejemplo, el de recursos hídricos o agropecuarios (ver **Capítulos 6** y **7** de este mismo informe, respectivamente). Esto puede deberse a varias razones que incluyen: (a) la complejidad de estudiar y regular el turismo, debido a las características intrínsecas de una industria altamente fragmentada y descentralizada; (b) la complejidad de las relaciones entre el destino turístico y su red transnacional de intercambio, y (c) las características de los destinos

turísticos, que muchas veces son pequeños, carentes de planificación o de los que apenas hay datos. Sin embargo, existen experiencias interesantes en términos de adaptación, de los sinergismos entre adaptación y mitigación, de conservación y de desarrollo sostenible.

Este capítulo revisa las principales características del turismo y su relación con el cambio climático, así como el riesgo al que están expuestas diferentes modalidades de turismo. También intenta describir algunas de las principales medidas de adaptación a nivel nacional y local, y presenta dos estudios de caso que ilustran las diferencias existentes según modalidades turísticas y contextos territoriales. Finalmente, se trata de establecer las barreras y oportunidades e identificar las principales lagunas del conocimiento y líneas de actuación prioritarias.

15.1.1. Marco conceptual

Desde un punto de vista conceptual, se puede definir esta relación entre clima y turismo como un sistema donde ambos componentes están fuertemente acoplados a diferentes escalas temporales y espaciales. El modelo de Patterson *et ál.* (2006) ilustra las relaciones entre turismo y clima, sus respectivas escalas, procesos y mecanismos de retroalimentación (**Figura 15.1**). La suposición básica de este modelo es que se trata de un sistema dinámico, en constante cambio. En el centro del esquema se definen múltiples niveles que van desde lo individual hasta lo global, siendo la relación entre clima y turismo específica para cada uno de ellos. Incluyendo todos los niveles, se representa el estado de los componentes claves del sistema turismo-clima, entre los que se incluyen: el estado propio del clima, los recursos naturales y sociales base para la actividad turística, el estado de la infraestructura y del atractivo turístico principal, el estado de las diferentes percepciones de los turistas acerca del destino, y el estado de las medidas de adaptación y mitigación. Todos estos estados pueden ser influenciados por factores de cambio, como las condiciones meteorológicas, el nivel de desarrollo (económico y social), la experiencia de los turistas y la comunicación de dichas experiencias (factor clave en la masificación del turismo). Otros factores de cambio relevante son la intervención y las medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático, el diferente comportamiento de los individuos y la industria, y las actividades que contribuyen al calentamiento global.

15.1.2. Principales cifras del sector turístico

El turismo es una de las actividades económicas más importantes de Iberoamérica. Según datos de la Organización Mundial de Turismo (World Tourism Organization 2019), el año 2018 se

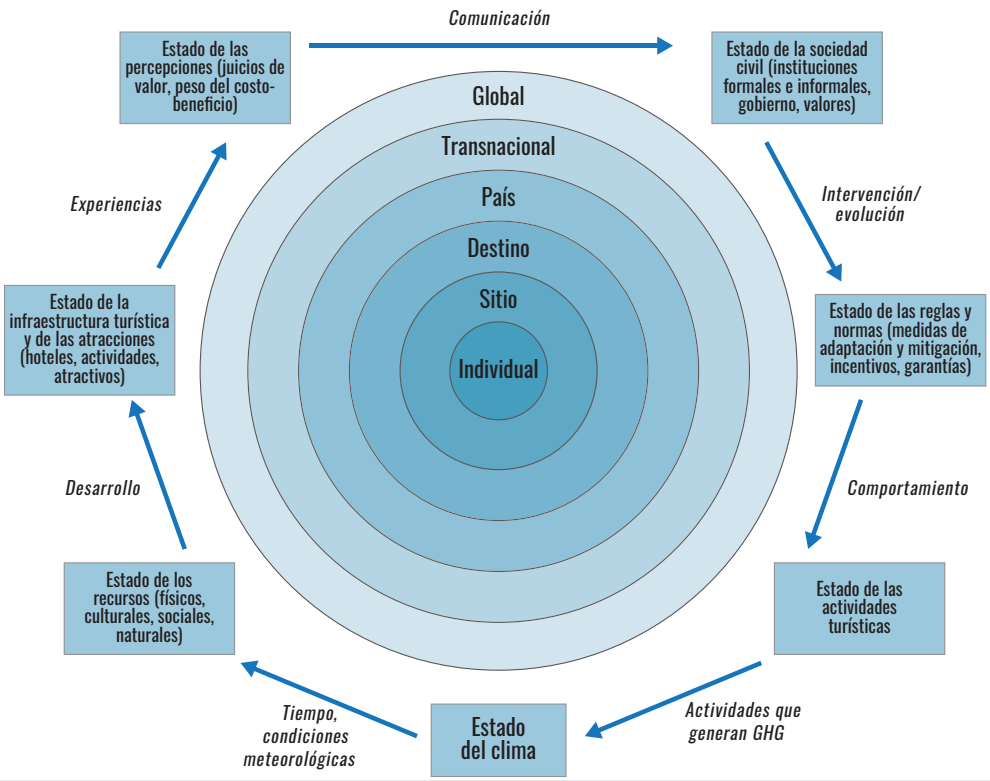


Figura 15.1. Marco conceptual de la relación entre turismo y cambio climático. Se ilustran diferentes escalas espaciales, componentes del sistema de turismo y relaciones con el clima. Fuente: adaptado a partir de Patterson *et ál.* (2006).

registraron en el mundo 1.400 millones de llegadas de turistas internacionales que generaron unos ingresos de 1,7 millones de dólares. En este contexto, la región Américas registró un total de 216 millones de llegadas de turistas internacionales, suponiendo este volumen una cuota de mercado del 15% del total mundial. Las subregiones Caribe, América Central y América del Sur, con 74 millones de llegadas en total, significaron el 6% de la cuota de mercado dentro de la región, siendo el promedio anual de crecimiento en los últimos 10 años del 4,5%. Los ingresos por turismo en las citadas subregiones siguieron la tendencia general de las llegadas internacionales, aunque a un ritmo muy superior. México fue en 2018 el séptimo país del mundo en atraer turismo internacional, con 41 millones de visitantes y un crecimiento del 5% respecto al 2017. Por otro lado, España y Portugal se configuran como países muy destacados en Europa —la primera región turística del mundo—, significándose España además por ser el segundo destino turístico internacional en el *ranking* mundial, con más de 83 millones de llegadas de turistas internacionales y 74.000 millones de dólares de ingresos (World Tourism Organization 2019). Para los países de Iberoamérica, los beneficios económicos del turismo son evidentes y atractivos. Dichos beneficios se basan en ingresos tanto directos como indirectos, estos últimos debidos al efecto multiplicador del turismo (principalmente en el sector informal). Por ejemplo, se pueden considerar ingresos indirectos del turismo las ganancias de divisas, la generación de empleo, el acceso a inversión extrajera y la diversificación económica (Lionetti y Gonzalez, 2012).

Por otro lado, en el turismo existen costos ocultos que afectan a los destinos y a las comunidades que habitan en ellos. Por ejemplo, la inflación que se genera debido a la demanda de los turistas, los costos del desarrollo de infraestructura, las fugas de ganancias a inversores extranjeros y el impacto del crecimiento poblacional sin planificación en los lugares de destino (Lionetti y Gonzalez, 2012). Aún más importante, la degradación que produce el turismo a gran escala en los sistemas ecológicos y socioambientales y el aumento de poblaciones expuestas a riesgos climáticos y dinámicas de cambio globales (Lionetti y Gonzalez, 2012).

Existen considerables diferencias entre la Península Ibérica y América Latina en cuanto al desarrollo del turismo como industria y en términos de preparación frente al cambio climático. Sin embargo, la aportación del turismo a la economía de ambas regiones es importante. En lo que respecta a la Península Ibérica, en el 2017 la contribución directa del turismo al Producto Interior Bruto (PIB) de España fue del 5.1% (63.700 millones de dólares) y del 14,3% si se consideran los efectos directos e indirectos; y para Portugal un 6.8% (15.000 millones de dólares) o un 13,7% entre directos e indirectos, generando casi el 8,5 % y el 4,7 % del total de empleos directos para Portugal y España, respectivamente (World Travel & Tourism Council, 2017a, 2017b). En Latinoamérica, la contribución «directa» del turismo y viajes al PIB de la región fue del 3,2 % en el 2016 (aproximadamente 121.000 millones de dólares) y la contribución «total» (directa e indirecta) fue del 8,8 % del PIB, con una generación directa de más de un 2,9 % de empleos, es decir, más de 6 millones de puestos de trabajo directos (World Travel & Tourism Council, 2017c). Cabe destacar México, donde la contribución directa del turismo fue de 8,7 % del PIB (21.300 millones de dólares) en el 2017, y donde las actividades relacionadas con el turismo reportaron alrededor de 2,3 millones de ocupaciones remuneradas, lo que significó el 5,9 % del total de la ocupación remunerada del país (INEGI, 2017). Cuba, por su parte, ha optado por el turismo como fuente principal de sus ingresos en moneda convertible, desarrollando en los últimos 20 años un fuerte programa de inversiones encaminado al aprovechamiento del gran potencial turístico existente en el país (Chávez y Osorio, 2006). En pocos años el volumen de turistas que visita el país ha crecido exponencialmente y se esperaba para el 2019 la llegada de 5 millones de turistas, cifra equivalente a casi la mitad de la población del país (Chávez *et ál.,* 2019).

A pesar de que el turismo de naturaleza, el de sol y playa y el turismo de cultura han sido los principales focos del turismo en Iberoamérica (Balmford *et ál.,* 2015), también existe una transición hacia áreas menos exploradas, como el turismo médico (Gómez *et ál.,* 2015), agroalimentario (Thomé-Ortiz, 2015) y de deportes (Regules *et ál.,* 2016), entre otros. Existe un gran énfasis en un tipo de turismo basado en comunidad, con algunos enfoques incluyentes hacia comunidades indígenas (Galán y Fuller, 2015; Pereiro Pérez, 2015), énfasis en el uso de recursos tradicionales (Thomé-Ortiz, 2015), y también enfocado en la riqueza patrimonial cultural (Nicolas y Gómez, 2015) y natural (Diaz-Christiansen *et ál.,* 2016; Hill y Fernández-Salvador, 2017). En estos casos, la interpretación ambiental o cultural del patrimonio ayuda a las comunidades a crear conexiones entre el recurso y las personas, llevándolas a entender que debemos estar preparados y actuar para poder dar perpetuidad a la gestión de conservación de los recursos culturales, la biodiversidad y los ecosistemas que están expuestos al cambio climático.

Más allá de la importancia del turismo como motor económico de la región, el avance turístico plantea serios retos para el desarrollo sostenible en Iberoamérica. Por ejemplo, el turismo puede ser fuente de la producción sistemática de inequidades (Büscher y Fletcher, 2017; Manuel-Navarrete, 2016), generar desplazamientos y gentrificación (Gascón 2016a), amenazas a la salud pública (Vila *et ál.,* 2016) y presiones desmedidas sobre los recursos naturales (Cater, 1995). Por otro lado, el turismo también presenta oportunidades a comunidades y gobiernos de Iberoamérica. Con las condiciones necesarias, puede ser un catalizador para el empoderamiento de grupos marginalizados (Cisneros-Palacios *et ál.,* 2018; Hernández-Ramírez, 2015; Milano, 2016; Pereiro, 2016), con un enfoque indígena (Corbari *et ál.,* 2017; Enríquez Pérez *et ál.,* 2017) y de género (Reyes-Aguilar *et ál.,* 2017; Rincón Rubio *et ál.,* 2017).

15.1.3. Relación entre turismo y cambio climático

Las relaciones entre cambio climático y turismo son complejas, están interconectadas y frecuentemente dependen del

lugar en donde ocurren (Gómez Martin, 2005; Hoogendoorn y Fitchett, 2016). Es importante entender que el vínculo entre el turismo y el cambio climático tiene dimensiones socioeconómicas, ya que se relacionan a su vez con el desarrollo, la desigualdad y como un elemento de la lucha contra la pobreza. Inicialmente, el turismo y el cambio climático se pueden relacionar de dos formas: (a) como industria que se basa en un capital natural y cultural de un destino, que puede ser afectado directamente por el cambio climático, y (b) como factores que amplifican las vulnerabilidades de las familias y comunidades que habitan destinos turísticos.

Existen procesos climáticos que pueden afectar considerablemente a la potencialidad turística y al bienestar de los habitantes del destino (Gil *et ál.,* 2015; Miró Pérez *et ál.,* 2016). Por ejemplo, patrones de lluvia más variables y una disminución general en la cantidad de recursos hídricos para consumo e irrigación afectarán a la seguridad hídrica de destinos turísticos y sus habitantes (Gabarda Mallorquí *et ál.,* 2015; Morote *et ál.,* 2017; Navas y Cuvi, 2015; Padilha *et ál.,* 2015). De forma análoga, la combinación de presiones climáticas y turísticas puede poner en riesgo la seguridad alimentaria de la población local (Garín y Torres, 2017; Pérez Vázquez *et ál.,* 2018), o provocar un aumento de brotes regionales de enfermedades en sitios de visita (Fernández *et ál.,* 2015; Tárraga-Granilla *et ál.,* 2017) o una disminución general de la resiliencia frente a desastres naturales, particularmente en ambientes costeros (Armendáriz y Concha, 2018; Galvão *et ál.,* 2017). Cabe señalar, también, que el turismo puede interaccionar negativa o positivamente con la mitigación del cambio climático, ya que, si bien ciertos aspectos del turismo implican el aumento de emisiones, también puede ser un factor que contribuya a evitar o reducir emisiones netas, por ejemplo, mediante la conservación de bosques alrededor de destinos turísticos o la revegetación para la recuperación del paisaje (McKercher *et ál.,* 2010).

15.1.4. El turismo en informes previos

La Primera Conferencia Internacional sobre Cambio Climático y Turismo, organizada por la Organización Mundial de Turismo (OMT) en Djerba (Túnez) en el año 2003, supuso un importante hito en la concienciación de científicos, políticos y agentes del sector respecto a la interrelación específica existente entre el cambio climático y el turismo. La conferencia se centró especialmente en los efectos del fenómeno sobre los recursos hídricos, los destinos costeros e insulares y las regiones montañosas, prestando gran atención a las cuestiones de política y mitigación. La Declaración de Djerba sobre el Cambio Climático y el Turismo reconocía que el cambio climático estaba incidiendo ya en algunos destinos turísticos, y que esa incidencia se extendería probablemente en el futuro, por lo que se hacía necesario aplicar medidas de adaptación y mitigación (WTO, 2013).

Los organismos internacionales y la comunidad científica respondieron favorablemente a esta primera llamada de alerta. Así, el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) otorgó al turismo un lugar destacado en comparación con informes anteriores. Del mismo modo, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) creó en colaboración con la OMT un equipo de expertos en clima y turismo al que se le encomendó la tarea de fomentar el uso de información sobre el tiempo atmosférico y el clima en el sector turístico y el conocimiento de las consecuencias del cambio climático. La trascendencia de la temática llevó de nuevo a la OMT, junto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la OMM, a organizar en 2007, en Davos (Suiza), la Segunda Conferencia Internacional sobre Cambio Climático y Turismo, desde la que se instó a todo el sector turístico a actuar para hacer frente al cambio climático al considerarse este como uno de los mayores retos que se plantean al desarrollo sostenible y a los Objetivos de Desarrollo del Milenio en el siglo XXI. La Declaración de Davos, nacida de este encuentro, y las Conclusiones de la Conferencia sirvieron de base a las deliberaciones de la Cumbre Ministerial de la OMT sobre Turismo y Cambio Climático, celebrada en Londres (Reino Unido) en noviembre de 2007; se debatieron en la Asamblea General de la OMT en Cartagena de Indias (Colombia) en noviembre de 2007 y se presentaron en la Conferencia Mundial de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en Bali (Indonesia) en diciembre de 2007.

En la Segunda Conferencia Internacional de Cambio Climático y Turismo realizada en 2007 en Davos, Suiza, con representantes de 80 países, se concertaron los siguientes mensajes clave sobre la relación entre turismo y cambio climático (Scott *et ál.,* 2008):

- «El clima es un recurso clave para el turismo, que es un sector altamente sensible a los impactos del cambio climático y el calentamiento global. Sin embargo, el turismo es también importante generador de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Se estima que el turismo contribuye al 5 % de las emisiones de CO_2, principalmente de las actividades relacionadas con el transporte de turistas, bienes y servicios».
- «Dada la importancia del turismo para los retos globales del cambio climático y la reducción de la pobreza, existe la urgente necesidad de adoptar un conjunto de políticas que promuevan un verdadero turismo sustentable y que refleje los objetivos del turismo sustentable: responsabilidad social, económica, ambiental y climática».
- «El sector del turismo debe rápidamente responder a los retos del cambio climático dentro del marco de las Naciones Unidas para reducir su contribución de gases de efecto invernadero, especialmente relacionados con el transporte y el hospedaje y con la adaptación de los negocios y destinos a las condiciones cambiantes del clima».

Del mismo modo, la OMT (en cooperación con otras organizaciones internacionales, sus Estados miembros y sus socios del sector privado) ha mantenido en su programa el tema del cambio climático como prioritario, eligiendo para el Día Mun-

dial del Turismo de 2008 y la campaña anual asociada el lema «El turismo responde al reto del cambio climático». Es importante señalar también que, con ocasión de la XV Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP15), celebrada en Copenhague en diciembre de 2009, y junto con el Consejo Mundial de Viajes y Turismo (WTTC), la OMT organizó un acto paralelo sobre el tema «Abordar los retos del cambio climático: perspectivas del sector del turismo y de los viajes», en el que se presentaron las medidas adoptadas hasta el momento en respuesta a la Hoja de Ruta y al Plan de Acción de Bali, al tiempo que se trataron las estrategias de mitigación y adaptación en el sector del turismo y de los viajes. Del mismo modo, dentro de la XVI Conferencia de las Partes (COP16) celebrada a finales de 2010 en México, la Secretaría de Turismo de este país, con el apoyo de la OMT, organizó un evento para presentar los resultados logrados por el sector turístico público y privado en su lucha contra el cambio climático.

La problemática ha estado presente también en el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2013) y en las sucesivas Conferencias de las Partes celebradas con posterioridad a 2010 (COP17-COP24), organizándose simposios y reuniones paralelos a las mismas con objeto de incrementar la sensibilización con respecto a aquellas cuestiones que tienen que ver con el turismo y el cambio climático y, también, con el fin de alentar al sector turístico a iniciar acciones que refuercen los compromisos nacionales con el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Todos estos reportes coinciden en puntualizar los efectos negativos del cambio climático en el turismo y la gente que depende de este sector, incluyendo impactos por las olas de calor y la escasez hídrica en el turismo de ciudad, incremento del nivel del mar y huracanes en el turismo de sol y playa, y el deterioro de los glaciales y la falta de nieve para turismo de montaña y nieve, entre otros.

15.2. Componentes del riesgo en relación con el sector turístico

15.2.1. Amenazas

Las principales amenazas del cambio climático para el sector turístico en Iberoamérica se pueden clasificar en tres categorías:

(1) Incremento en intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos. Por ejemplo, huracanes, tormentas u olas de calor (Gómez Martín *et ál.,* 2014; Liberato *et ál.,* 2017; Manuel Navarrete *et ál.,* 2011).

(2) Cambios ambientales «globales» graduales. Por ejemplo, subida del nivel del mar, aumento medio de temperaturas o cambios en los patrones de precipitación (Hoogendoorn y Fitchett, 2018).

(3) Cambios biofísicos y ecosistémicos «locales» agravados por procesos de cambio climático global. Por ejemplo, dinámicas de erosión costera acrecentadas por mayor intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos, degradación de arrecifes coralinos agravada por blanqueamiento, o avalanchas agravadas por deshielo de glaciares (Jones y Phillips, 2009). La erosión litoral, la degradación de arrecifes y las avalanchas vienen produciéndose independientemente del cambio climático global, pero se ven recrudecidas por este y, a su vez, incrementan las amenazas directas sobre el sector turístico.

Los gobiernos y el sector turístico deben entender que las amenazas mencionadas no tienden a presentarse de forma uniforme y gradual, sino que lo más probable es que diferentes amenazas se combinen y creen sinergias que resultan en eventos catastróficos con efectos localizados e impredecibles. Por lo tanto, es importante entender los patrones de dinámicas complejas, también llamados síndromes o arquetipos de cambio ambiental global, para relacionarlos adecuadamente con manifestaciones locales en destinos turísticos específicos (Manuel-Navarrete *et ál.,* 2007; Oberlack *et ál.,* 2019).

Las recientes invasiones del alga pelágica sargazo (*Sargassum spp.*) en Cancún, uno de los destinos más emblemáticos y masivos de México, son un excelente ejemplo de los múltiples factores globales y locales que pueden concatenarse en complejas redes causales y que amenazan la actividad turística. Explosiones sin precedentes de sargazo en las regiones MEX, CAC y NEB están muy probablemente relacionadas con el aumento de la temperatura media de los océanos o cambios en las corrientes marinas (categoría 2) (Vergés *et ál.,* 2014). Las mareas de sargazo acaban con el atractivo turístico de las playas y afectan a especies emblemáticas para el turismo, como las tortugas marinas (Van Tussenbroek *et ál.,* 2017). El sargazo también afecta a los arrecifes de coral, cuya misión es proteger las costas de la erosión causada por la mayor intensidad de fenómenos hidrometeorológicos extremos (categoría 1). De esta forma, la invasión de sargazo es solamente un factor de una red causal compleja en la que el aumento de la temperatura, cambios en las corrientes marinas, huracanes y tormentas con fuertes vientos, episodios de precipitación extremos y otros factores como la subida del nivel del mar y el blanqueamiento de arrecifes coralinos se concatenan arquetípicamente a través de procesos de retroalimentación positiva que amenazan a las poblaciones y complejos turísticos del Caribe.

Por otro lado, en las zonas MEX y CAC, los huracanes constituyen el fenómeno hidrometeorológico más frecuente, peligroso y relevante para el sector turístico debido a los cuantiosos daños materiales y humanos que producen, especialmente en las zonas urbanas, costeras y de playas, que son precisamente áreas donde se desarrollan importantes y masivas actividades turísticas (Alvarado *et ál.,* 2019; Infante *et ál.,* 2019). En las zonas turísticas donde han ocurrido frecuentes impactos de huracanes, principalmente en la región del Caribe, la recuperación económica del sector afectado

no siempre es factible por el menor desarrollo económico de los países de esta región y porque los daños pueden ser sucesivos, incluso más de una vez en el mismo año, haciendo muy costosa la recuperación de la infraestructura y generando incertidumbre en el sector de los seguros y para las futuras inversiones (Lecha *et ál.,* 2009). Desde finales de la década de los años noventa se viene produciendo un aumento del número de días con influencia cercana del Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte sobre la mitad occidental de Cuba. Esto se refleja en los mapas sinópticos como una extensa penetración en cuña del anticiclón sobre toda la cuenca caribeña hasta México. Entre las consecuencias inmediatas de este proceso está la disminución de las precipitaciones sobre el área que queda bajo la influencia del anticiclón, creando condiciones favorables para la ocurrencia de periodos de sequía meteorológica. Adicionalmente, el aumento de la radiación solar incidente y la debilidad de los vientos alisios contribuyen a exacerbar las sensaciones de calor intenso durante el verano y favorece la ocurrencia de episodios típicos de «olas de calor», los cuales, aun dentro de la región tropical, tienen un importante impacto sobre el aumento de la mortalidad en exceso (Lecha *et ál.,* 2015).

La evaluación y análisis de las amenazas que pueden afectar al turismo Iberoamericano dentro del nuevo contexto generado por el cambio climático están todavía en proceso de desarrollo, por lo que estudios en este sentido serán de interés. La sección **15.3** hace una descripción detallada de los riesgos por tipo de turismo y su contexto ecosistémico específico.

15.2.2. Exposición

El turismo como actividad económica, y como modo de subsistencia, es una de las más importantes del mundo. Solo en América Latina, en el 2019, el turismo contribuyó directamente con un 3,2 % del GDP y produjo 44.400 millones de dólares de inversión en infraestructura, y se espera que en el 2050 ese número suba a 62.800 millones (WTTC, 2020). Estas cifras ilustran la importancia del turismo en la región, no solo como actividad económica, sino también como presencia física en pleno proceso de expansión. Potencialmente, todas las personas que dependen del turismo como forma de vida, la cadena de suministros dentro de la operación turística, así como los lugares que sirven de destino turístico están expuestos a los efectos del cambio climático.

Desde el punto de vista geográfico, y casi por definición, las actividades turísticas tienen infraestructura en sitios al borde o cercanos al mar, es decir, en áreas ubicadas en zonas costeras, o en zonas montañosas o con glaciales, territorios con alta densidad poblacional, áreas con fuentes de agua dulce, y ecosistemas boscosos o desérticos, entre otros, que están expuestos a los efectos directos e indirectos del cambio climático.

A los síndromes de amenazas descritos en el apartado anterior habría que sumar factores o variables de origen antropogénico que no están ni directa ni indirectamente relacionados con el cambio climático, pero que aumentan la exposición al mismo. Estos factores se han analizado en términos de doble exposición; al cambio climático se une la exposición a externalidad de la globalización y el desarrollo (O'Brien y Leichenko, 2000). La doble exposición incluye crisis financieras globales que desplazan a poblaciones vulnerables a áreas en riesgo, así como patrones de contaminación y dinámicas de poblaciones (Cramer *et ál.,* 2018). El desarrollo de turismo en sí mismo tiende a afectar la doble exposición cuando las áreas de mayor atractivo turístico se sitúan precisamente en lugares donde la exposición al cambio climático es mayor, como es el caso de la primera línea de costa (Manuel-Navarrete *et ál.,* 2011).

Por ejemplo, en el caso de Cuba, la exposición como un componente del riesgo del sector turístico ante las influencias del cambio climático puede considerarse como parte de los elementos de la vulnerabilidad de este sector. Según «Los lineamientos metodológicos para la realización de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos de desastres» elaborados por el Grupo de Evaluación de Riesgos de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (AMA, 2008), el análisis de la vulnerabilidad debe explícitamente considerar los tipos de exposición física, social, ecológica y económica.

15.2.3. Vulnerabilidad

A pesar de la importancia del turismo, esta actividad económica y modo de vida es altamente vulnerable a diferentes escalas de organización social y económica (Calderón, 2015; De la Torre, 2016), especialmente a cambios ambientales y climáticos (Gabarda Mallorquí *et ál.,* 2015; Mussetta y Barrientos, 2015), ya que subiste y se desarrolla en un recurso natural base. La vulnerabilidad de un destino turístico al cambio climático se puede definir como una reducción en el atractivo del destino y las presiones sobre poblaciones locales en combinación con las estrategias de adaptación y mitigación (Santos-Lacueva *et ál.,* 2017).

A diferencia de otras actividades que se ven afectadas por el cambio climático, el turismo tiene características intrínsecas que lo hacen particularmente vulnerable al cambio climático a diferentes escalas. Por ejemplo, dado que el turismo tiene un efecto multiplicador en la economía (Llodrá y Alberti 2015; Schlüter, 2015), el dinero gastado por un turista se distribuye a través de diferentes sectores formales e informales de la sociedad. Estas características hacen también que los impactos negativos sean multiplicados a través de la cadena de beneficiarios del turismo. Por otro lado, el ecoturismo, que es una actividad de observación de la naturaleza, tiende a beneficiar directamente a las comunidades, a veces en asociación con la industria privada o los gobiernos (Gössling y Peeters, 2015). Cualquier cambio en el entorno natural puede afectar al recurso base de la operación turística. La industria turística, cuando un destino es afectado, puede evolucionar o migrar a otros destinos. Sin embargo, las comunidades locales recibirían *shocks* externos difíciles de manejar (Burgos Doria, 2016).

El turismo es una parte esencial de muchas comunidades locales y, por definición, necesita mucho de los servicios locales de seguridad alimenticia y salud pública, que ya generan presión sobre los recursos naturales base (Lépy *et ál.,* 2014). Esta vulnerabilidad intrínseca aumenta con *shocks* externos como el cambio climático y es producto de la exposición y el riesgo de comunidades locales específicas. Podemos decir que en la RIOCC todas las zonas que tienen turismo de algún tipo son vulnerables, con especial énfasis el Caribe y las zonas costeras de Iberoamérica, bosques tropicales y temperados, montañas y glaciales, y ciudades que atraen turistas.

15.3. Caracterización de los riesgos e impactos

En la **Figura 15.2** se presenta una caracterización de los principales riesgos identificados para el sector turismo en la región.

El aumento de temperaturas, cambios en la precipitación y humedad, incremento de la frecuencia y severidad de eventos climáticos y, en general, la pérdida del confort climático, alterarán las preferencias de destinos y modificarán el recurso natural base para las actividades turísticas. Estos cambios serán centrales para redibujar los patrones de demanda y preferencias de los destinos turísticos de Iberoamérica, que, en general, presentan escenarios negativos debido a la pérdida de niveles óptimos de temperatura y precipitación, en comparación con Asia, el norte de Europa y Norteamérica (Scott *et ál.,* 2012b).

Sin duda, España es el país más estudiando en términos de impacto del cambio climático en el sector turístico (Bigano *et ál.,* 2005). Bigano *et ál.* (2008), Rosello (2011), Bujosa y Rosello (2011) identifican los siguientes impactos del efecto climático en el turismo en España:

- Pérdida de cuota de mercado a nivel mundial, que pasará del 6 % al 4,8 % en el 2030.
- Reducción a largo plazo en el número de llegadas de turistas, estimada en un 20 % para el año 2080.
- Pérdida relativa de importancia del turismo de sol y playa como producto turístico debido a la falta de confort climático en verano.
- Posibles cambios en los destinos turísticos interiores, con pérdida de importancia del litoral mediterráneo como mercado turístico y aumento de la cuota de mercado en el litoral cantábrico, que se percibirá ya en el 2030.

Las principales amenazas identificadas en el sector turístico ante el cambio climático son (Moreno, 2008):

- Aumento de la temperatura y de los periodos secos: mayor consumo de agua, mayor consumo de energía, aumento de la concentración de partículas contaminantes en la atmósfera, mayor ocurrencia de enfermedades, mayor contaminación de los acuíferos y cuerpos de agua, vulnerabilidad de algunos hábitats y ecosistemas.
- Aumento del nivel medio del mar: alteración en la dinámica de la erosión costera, destrucción de hábitats y ecosistemas más sensibles, mayor fragilidad en la calidad de los recursos hídricos, alteración en la calidad de los suelos, riesgo para poblaciones localizadas cerca de la línea costera.
- Periodos más intensos de precipitación: alteración de ecosistemas y hábitats sensibles, alteración de los destinos turísticos.
- Incremento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos como tormentas tropicales y huracanes, que afectarán a la seguridad física de las personas presentes en el destino y su infraestructura.
- Cambio de estacionalidad en destinos sensitivos, especialmente relacionados con sol y playa y nieve.

Cuba es uno de los países de la región donde se han realizado estudios detallados de la vulnerabilidad ante los desastres, especialmente los relacionados con los efectos del clima y el estado del tiempo (Lezcano, 1995). Desde el año 2008 el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente ha estado al frente de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR), y ya se dispone en todos los 168 municipios del país de cartografía detallada a escala peatonal de las zonas inundables, de los edificios con vulnerabilidad estructural o de elevada exposición ante la acción de elementos meteorológicos (Olivera y González, 2010). Para todas las organizaciones laborales, incluyendo todas las instalaciones del turismo del país, es obligatoria la elaboración y actualización periódica de los Planes Contra Catástrofes, en los cuales se describen todas las acciones a realizar para prevenir y mitigar los efectos de los desastres sobre cada instalación, fábrica, hotel y hospital, entre otros (Cruz y Arencibia, 2013).

15.3.1. Turismo de montaña y deportes de nieve

La alta montaña está experimentando los impactos más tempranos y más grandes del cambio climático (Palomo, 2017). En términos de deportes de nieve, los efectos del incremento de temperatura en la montaña implican que menos operaciones de este tipo tendrán la capacidad de ofrecer la cantidad de nieve suficiente para satisfacer las necesidades de los deportes de nieve, o que podrán ofrecerla por periodos de tiempo más cortos. Estudios de percepción del turismo indican la importancia del disfrute de los glaciares como elemento fundamental en las decisiones para visitar determinados destinos, por lo que se espera una reducción del volumen de turismo en destinos específicos (Stewart *et ál.,* 2016). Por eso el retroceso de la línea de nieve y el derretimiento de los glaciares se consideran un problema central. En los Andes existe considerable evidencia sobre cambios significativos de

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Riesgo de cambio de temporalidad en destinos de montaña y nieve				
Riesgo de deterioro de ecosistemas naturales importantes para el turismo basado en naturaleza				
Riesgo de extinción local o regional de especies carismáticas importantes para el turismo basado en naturaleza				
Riesgo de olas de calor en ciudades importantes para el turismo en centros urbanos				
Riesgo de brotes de enfermedades infecciosas comunicadas por vectores en lugares importantes para el turismo				
Riesgo de escasez de agua en destinos turísticos				

Factor climático determinante:

- Aumento de la temperatura
- Aumento de la precipitación
- Disminución de la precipitación
- Temperaturas extremas
- Tormentas intensas y huracanes
- Inundación
- Sequía
- Subida del nivel del mar
- Acidificación del océano
- Cambios en la estacionalidad
- Fertilización por CO_2

Importancia. Se asignó uno de los siguientes niveles: poco importante, importante y muy importante, en términos de la significación de sus impactos en los sistemas naturales o humanos, incluyendo el número de personas afectadas.

Urgencia. Se asignó uno de los tres siguientes niveles: inminente (que puede estar ocurriendo u ocurrir en cualquier momento), a medio plazo (que se espera que ocurra de aquí a mediados de siglo o cuando se exceda 1,5 °C), a largo plazo (que se espera que ocurra después de mediados de siglo o cuando se exceda de 2 °C de calentamiento).

Extensión:



Figura 15.2. Principales riesgos identificados en el ámbito del turismo. Fuente: elaboración propia.

temperatura en los pasados 50-60 años con un incremento promedio de 0,1 °C/década y el correspondiente retroceso asociado en los glaciales andinos (Vuille *et al.*, 2008). Diferentes simulaciones predicen un continuo retroceso de los glaciares en esta región (Francou *et al.*, 2005; Harrison *et al.*, 2006; Jomelli *et al.*, 2011). A pesar de que existen diferencias regionales y una enorme incertidumbre en relación con los factores que determinan el retroceso de los glaciales (Pouyaudz, 2006), los efectos económicos son significativos (Vergara *et al.*, 2007). Por ejemplo, en el volcán Cotopaxi, en

Ecuador, que es uno de los más visitados de Iberoamérica para escalada (Erfurt-Cooper, 2014), los glaciares han visto reducida su extensión en un 40 % desde 1976 hasta el 2013 (López *et ál.,* 2017). Esta reducción relacionada con el cambio climático (Veettil *et ál.,* 2014) se agrava con los efectos generados por su actividad volcánica (Cáceres, 2016), que resta resiliencia de sus capas glaciales. Por otro lado, en ocasiones, se evidencia una desconexión entre comunidades e industria. Por ejemplo, en Bolivia, donde ya existe evidencia de los impactos de cambio climático en el glaciar del Chacaltaya (5.400 m s.n.m.), lo que ha generado profunda preocupación entre científicos y andinistas, paradójicamente, no es todavía relevante para las empresas turísticas, lo que evidencia una desconexión en la percepción del riesgo de perder el capital natural (Kaenzig *et ál.,* 2016).

El turismo de invierno en las montañas de Iberoamérica, especialmente en España, Chile y Argentina, es especialmente sensible a la cantidad y fiabilidad de la nieve, que a su vez es sensible al cambio climático (Welling *et ál.,* 2015). Esto implica una vulnerabilidad muy grande para las operaciones e infraestructura de deportes como el esquí y la tabla de nieve, que sufren considerables impactos económicos negativos con la disminución de días de nieve en el año (Tranos y Davoudi, 2014). Los efectos de esos cambios generan una concentración geográfica de las operaciones, el aumento de la densidad de complejos turísticos de esquí, la disminución de la duración de la temporada, el requerimiento de procesamiento artificial de nieve y la caída del nivel de vida en las localidades afectadas (Steiger *et ál.,* 2017).

15.3.2. Turismo de naturaleza: bosques, ríos y lagos

El turismo de naturaleza se centra en la observación, uso y disfrute de ecosistemas claves como bosques (tropicales, templados, secos, manglares, etc.) y ecosistemas acuáticos (sistemas fluviales, riparios, lacustres, etc.), que tienen gran potencial en Iberoamérica (Toumi *et ál.,* 2017), pero son de los más afectados por el cambio climático (Lecha *et ál.,* 2009). El **Capítulo 3** de este reporte cubre en profundidad cómo los ecosistemas terrestres boscosos se ven por el cambio climático, así como las posibles medidas de adaptación.

Los bosques alrededor del mundo están cambiando a una velocidad sin precedentes, lo que podría empujar estos ecosistemas a puntos de no retorno y transformaciones permanentes a estados alternativos de vegetación degradada (Allen *et ál.,* 2014; Reyer *et ál.,* 2015). En áreas de alta biodiversidad se espera que para el 2100 el cambio de uso del suelo reduzca la cobertura boscosa entre el 26 % y el 58 % y produzca entre 220 y 21.000 extinciones de especies (Jantz *et ál.,* 2015). Para Iberoamérica, esos escenarios son muy desalentadores, ya que los ecosistemas terrestres son el principal recurso para el turismo sostenible o ecoturismo, permiten la existencia de miles de operaciones turísticas a diferentes escalas y proveen sustento a millones de familias (Mowforth y Munt, 2015). Es importante recalcar que el turismo de comunidades se basa principalmente en estos ecosistemas para sus operaciones. Ejemplos de Panamá (Pereiro, 2016), Ecuador (Meiser y Dürr, 2014), México (Ramos y Prideaux, 2014; Rodríguez-Piñeros y Mayett-Moreno, 2015), Chile (Campos *et ál.,* 2014), Puerto Rico (Hall y Day, 2014), Costa Rica (Jones y Spadafora, 2017) y Brasil (Pegas y Castley, 2014) ilustran el incremento de la dependencia del turismo comunitario de los ecosistemas naturales y su vulnerabilidad a sacudidas externas como el cambio climático.

Desde otro punto de vista, en Iberoamérica, el turismo basado en la naturaleza puede considerarse una herramienta clave para la conservación de los ecosistemas vulnerables y para la mitigación y adaptación al cambio climático (Boley y Green, 2016b; Friess, 2017; Mowforth y Munt, 2015). Diferentes casos en Iberoamérica ilustran la contribución del turismo, a través de emprendimientos sociales o comunitarios, a la conservación, mitigación del cambio climático y lucha contra la pobreza (Boley y Green 2016a; Steinberg *et ál.,* 2014). Uno de los principales factores que contribuyen a la deforestación es el avance de la frontera agrícola (Fearnside, 2015; Mena *et ál.,* 2006), especialmente en áreas que carecen de seguridad en la tenencia de la tierra (Holland *et ál.,* 2014). En estos lugares, el turismo comunitario se presenta como una de las mejores alternativas a la tala ilegal, a la transformación de bosques en pastos o a la agroindustria (Brandt y Buckley, 2018; Devine, 2014; Hunt *et ál.,* 2015), más aún si se crean sinergias con mecanismos de adaptación y mitigación del cambio climático (Duchelle *et ál.,* 2014; Keenan, 2015).

Adicionalmente, en muchas regiones de Iberoamérica, especialmente en IBE, AMZ y MEX, los bosques son susceptibles al incremento de incendios (Rodríguez *et ál.,* 2016) y al ataque de especies invasoras (Martínez *et ál.,* 2018; Molina-Montenegro *et ál.,* 2015), que son procesos emergentes favorecidos por el cambio climático. Aproximadamente 67 millones de hectáreas de bosque son incendiadas anualmente en América del Sur (Van Lierop *et ál.,* 2015). A pesar de que no existe una cuantificación del impacto económico de los incendios forestales en Iberoamérica, sabemos que la pérdida de recursos económicos por la quema directamente y la pérdida de servicios ecosistémicos son muy altas, incluyendo la merma de atractivo turístico en los sitios de visita (De Oliveira *et ál.,* 2019; Milne *et ál.,* 2014). Otros ecosistemas claves, como sistemas hidrográficos o lacustres que sirven de recurso natural base y atracción para deportes de aventura (como navegación y kayak entre otros), serán afectados por el incremento en la periodicidad e intensidad de los eventos climáticos extremos como sequías y tormentas (Díaz Arellano *et ál.,* 2018).

15.3.3. Turismo de naturaleza: observación de la biodiversidad

El ecoturismo es definido como el viaje responsable a las áreas naturales para conservar el medio ambiente y mejorar

el bienestar de las personas locales (Fennell, 2014). Central en esta actividad es la observación y muchas veces también la interacción con especies de fauna y flora en su entorno natural. Este tipo específico de turismo de naturaleza, el cual es importante para modos de vida de familias campesinas, es claramente vulnerable al cambio en parámetros biofísicos claves, como la temperatura, humedad o precipitación, que hace que las especies observadas migren o se extingan (Bernal *et ál.,* 2017; Gavito *et ál.,* 2015). Especies marinas, como ballenas o tortugas, o especies terrestres, como diferentes tipos de aves, carismáticas para el turismo, son vulnerables a los cambios drásticos en el clima (ver sección **15.7.4,** estudio de caso en las islas Galápagos).

La interacción entre cambio de hábitat y cambio climático puede incrementar la tasa de extinciones, por ejemplo, en aves en un 43 % y en mamíferos en un 24 % (Mantyka-Pringle *et ál.,* 2015). En Iberoamérica existe evidencia documentada de los efectos negativos de dicha sinergia (entre la degradación de hábitats y el cambio climático) sobre la biodiversidad nativa (Beltramino *et ál.,* 2015; Kerr *et ál.,* 2015). Adicionalmente, se está produciendo la invasión de especies exóticas debida a cambios en los potenciales rangos de vida a causa del cambio climático (Bertelsmeier *et ál.,* 2015) y la hibridación de especies nativas con invasoras (Muhlfeld *et ál.,* 2014).

En el ecoturismo, las comunidades locales son las principales beneficiadas del avistamiento de fauna endémica, por lo que, desde hace décadas, es una de las estrategias preferidas para la reducción de la pobreza y protección de los ecosistemas (Gascón, 2016b). La desaparición de especies claves o icónicas por cambios en parámetros físicos (como temperatura, precipitación y humedad) pondrá en riesgo las operaciones turísticas basadas en observación de especies. El impacto económico, por tanto, en comunidades indígenas o nativas que se dedican a la actividad del ecoturismo puede ser significativo.

15.3.4. Turismo de ciudad y turismo cultural

En el **Capítulo 13** de este mismo informe se analiza en profundidad la adaptación del cambio climático en ciudades, donde se enfatiza la complejidad de las relaciones entre crecimiento urbano, riesgo y cambio climático. Cabe señalar que el turismo hace más compleja esa relación. A pesar de que existen diferencias notables entre el turismo urbano de Europa y el de América Latina, una de las coincidencias es el gran esfuerzo que hacen los gobiernos locales y la industria para atraer más turistas a las ciudades y centros urbanos en ambas regiones (Valenzuela Robles, 2015).

El turismo está incrustado en los procesos de urbanización a través de la producción de espacios para ser usados por la industria del turismo y a través de la generación de nuevos patrones de consumo generados por los turistas que dominan la economía de los espacios turísticos existentes o creados (Hall: 2006). Dentro de ese contexto, el turismo en centros urbanos tiene un doble rol: (a) acentúa los problemas existentes al amplificar la vulnerabilidad de la infraestructura al cambio climático (Russo, 2002), y (b) se ve afectado por los cambios drásticos en el «confort climático», que es un factor determinante en la selección de destinos (Mieczkowski, 1985).

Los impactos directos sobre la industria del turismo e indirectos sobre las familias que se benefician del turismo se derivan del riesgo que corre la infraestructura que se ha construido para satisfacer las necesidades de los turistas (Gasper *et ál.,* 2011). Lo mismo ocurre para todas las redes de servicio y capital que se asientan en procesos turísticos (Redclift *et ál.,* 2011). Sin embargo, muy poca atención se ha dado a los habitantes urbanos que están en riesgo por cambios generados por el cambio climático, que en general son las poblaciones más pobres y marginalizadas, y a su vez las que más dependen de la actividad turística (Redclift *et ál.,* 2011; Satterthwaite *et ál.,* 2007). De este modo, el turismo, en muchos casos, va a fomentar otros problemas relacionados con el cambio climático en las ciudades (Crespi Vallbona y Domínguez Pérez, 2016). Por ejemplo, las ciudades que ya viven crisis relacionadas con el cambio climático, como la escasez de agua, el aumento de temperatura y la reducción de precipitaciones, acentuadas por las características de la urbanización, tienen mayor inercia térmica que el suelo natural y su cobertura vegetal (Gabarda Mallorquí *et ál.,* 2015).

Las olas de calor, por su parte, pueden verse acentuadas por las características de la urbanización debido al efecto de «isla de calor» de las ciudades. Se prevé una presión adicional sobre el suministro de agua potable (lo que va a requerir una mayor inversión para alcanzar la calidad estándar), así como sobre el alcantarillado, los sistemas de energía y los servicios de transporte (Serra Pardo, 2016). También se espera una mayor presión sobre los servicios de salud, especialmente entre la población de estratos socioeconómicos más bajos (Escobedo, 2015; Rubio, 2017). Adicionalmente, se prevé un aumento de condiciones de mala ventilación en las ciudades, por ejemplo, para los valles centrales de Chile en la época de invierno, con el consiguiente agravamiento de los problemas de contaminación atmosférica existentes (Gobierno de Chile, 2016).

Dentro de todo esto, podemos enfatizar los riesgos que tienen relación con el turismo en el contexto de la salud pública dentro de las ciudades. Esto incluye la exposición a enfermedades infecciosas, como el dengue y la chikunguña, la exposición a desastres naturales, como inundaciones y deslaves, y a violencia generada por eventos. Adicionalmente, el cambio climático también afecta al turismo cultural, modalidad que hace hincapié en aquellos aspectos humanos tradicionales que oferta un determinado destino turístico, ya sea un pequeño pueblo, una ciudad, o una región no necesariamente urbana. Ejemplo clave son Machu Picchu y Cuzco, principales destinos del turismo receptivo del Perú, que destacan por una marcada incertidumbre de la estacionalidad durante el año (Drenkhan, 2016).

15.3.5. Turismo marino y costero

El turismo marino y costero es un sector en continuo crecimiento en número de turistas y en relevancia económica (De Moraes Lima, 2013; Fernández y Ramos, 2010). Para su correcto desarrollo, su disfrute y seguridad, este tipo de turismo y recreación necesita de condiciones climáticas estables y ambientes atractivos (Moreno y Amelung, 2009). Sin duda, entre las principales áreas afectadas por el cambio climático están las zonas costeras marinas, incluyendo las islas y las playas (Betzold, 2015; Connell, 2015), que a su vez son las mismas zonas que atraen una mayor cantidad de turistas, servicios y capital humano y son sujetos de mayor inversión en infraestructura (Mowforth y Munt, 2015).

Los procesos relacionados con el cambio climático que afectan al turismo en ambientes marinos y costeros incluyen la inundación de tierras bajas, la subida del mar, la pérdida de hábitats marino-costeros y la erosión y pérdida de playas a través de un proceso de «compresión costera» (Scott *et ál.,* 2012a).

En Iberoamérica, dentro del sector turístico, lo que más atención ha recibido en términos de riesgos, mitigación y adaptación al cambio climático es lo que se denomina turismo de mar y playa (por ejemplo, Milanés Batista, 2015; Molina Navarro, 2016; Olcina Cantos y Vera-Rebollo, 2016b; Olcina *et ál.,* 2016; Santos-Lacueva y Saladié, 2016). Mientras que existen avances metodológicos importantes (CEPAL, 2018), ejemplos en Argentina (Gil *et ál.,* 2015), España (Toimil *et ál.,* 2016), México (Molina y Ornelas, 2016), Costa Rica (Benavides-Varela *et ál.,* 2016; Sánchez-Noguera *et ál.,* 2018) ilustran avances en adaptación. Por otro lado, otras áreas extremadamente vulnerables e importantes para el turismo, como pueden ser las islas oceánicas (Martinez, 2017) y los arrecifes de coral (Reyna-Fabián *et ál.,* 2018), no han recibido suficiente atención (Belle y Bramwell, 2005) y requieren de respuestas eficaces a lo largo de toda Iberoamérica.

Entre las amenazas más serias del cambio climático para el sector turístico de Iberoamérica se encuentra la subida del nivel del mar. Un estudio desarrollado por Scott *et ál.* (2012a) sobre 906 importantes complejos hoteleros en 19 países de la región del Caribe señaló que 266 de ellos (el 29 %) estarían parcial o totalmente inundados con 1 metro de subida del nivel del mar, y entre 440 y 546 estarían en riesgo por erosión de la playa. A esto se añadirían daños económicos extensos relacionados con la afectación a infraestructura.

15.4. Medidas de adaptación

Las medidas de adaptación son, en general, escasas para el sector turístico en Iberoamérica. También se observan grandes diferencias regionales entre los países europeos (España y Portugal), que son potencias turísticas, y los países de Latinoamérica. La diferencia entre esfuerzos de adaptación planificada radica, en parte, en el nivel de coordinación: si es central dentro de una dependencia que permita la transversalidad y jerarquía de las acciones (como la presidencia) en oposición a procesos generados desde organismos sectoriales (como desde un Ministerio de Medio Ambiente o Turismo). Más adelante se ilustran también algunos casos de estudio que indican la condición y características de adaptación de algunos lugares claves de Iberoamérica.

En la **Figura 15.3** se muestra una selección de medidas de adaptación implementadas en la región a modo de ejemplo.

15.4.1. Opciones de adaptación

Ya sea el turismo considerado un sector estratégico por sí mismo o dentro de otro sector, la mayoría de las medidas de adaptación son subyacentes, es decir, son resultado de otras acciones dirigidas a otros sectores. En la **Tabla 15.1** se recoge una lista generalizable de medidas de adaptación específicas para el turismo, basada en Gómez-Royuela (2016), que enfatiza las relaciones y sinergismos con otras áreas de la economía y la sociedad.

Adicionalmente, a partir de la valoración de los principales impactos en el sector turístico fue posible identificar las siguientes medidas de adaptación al cambio climático, relacionadas con la necesidad de investigación, el desarrollo de capacidades, las tecnologías adecuadas y los requerimientos organizacionales e institucionales:

1. Investigación.
   - Analizar circuitos alternativos de turismo.
   - Identificar nuevas rutas de ingreso a los lugares turísticos existentes.
   - Desarrollar mapas de zonas de vulnerabilidad y riesgo.
2. Desarrollo de capacidades.
   - Capacitar a autoridades, operadores turísticos y población local en el desarrollo de turismo sostenible.
   - Promover la gestión participativa del territorio para diseñar estrategias de adaptación vinculadas a la administración del turismo y del patrimonio histórico-cultural.
3. Tecnología.
   - Promover el uso de tecnologías que mejoren la accesibilidad.
   - Fomentar el uso de infraestructuras verdes basadas en apoyar servicios ecosistémicos que simultáneamente protejan frente amenazas climáticas (por ejemplo, inundaciones o erosión costera) y proporcionen espacios para uso turístico.
4. Requerimientos organizacionales e institucionales.
   - Incluir actividades relacionadas con el turismo sostenible dentro del marco de un plan estratégico nacional de turismo para cada país.
   - Establecer un espacio interinstitucional que permita un intercambio de conocimiento e información entre los investigadores científicos y los profesionales del turismo.

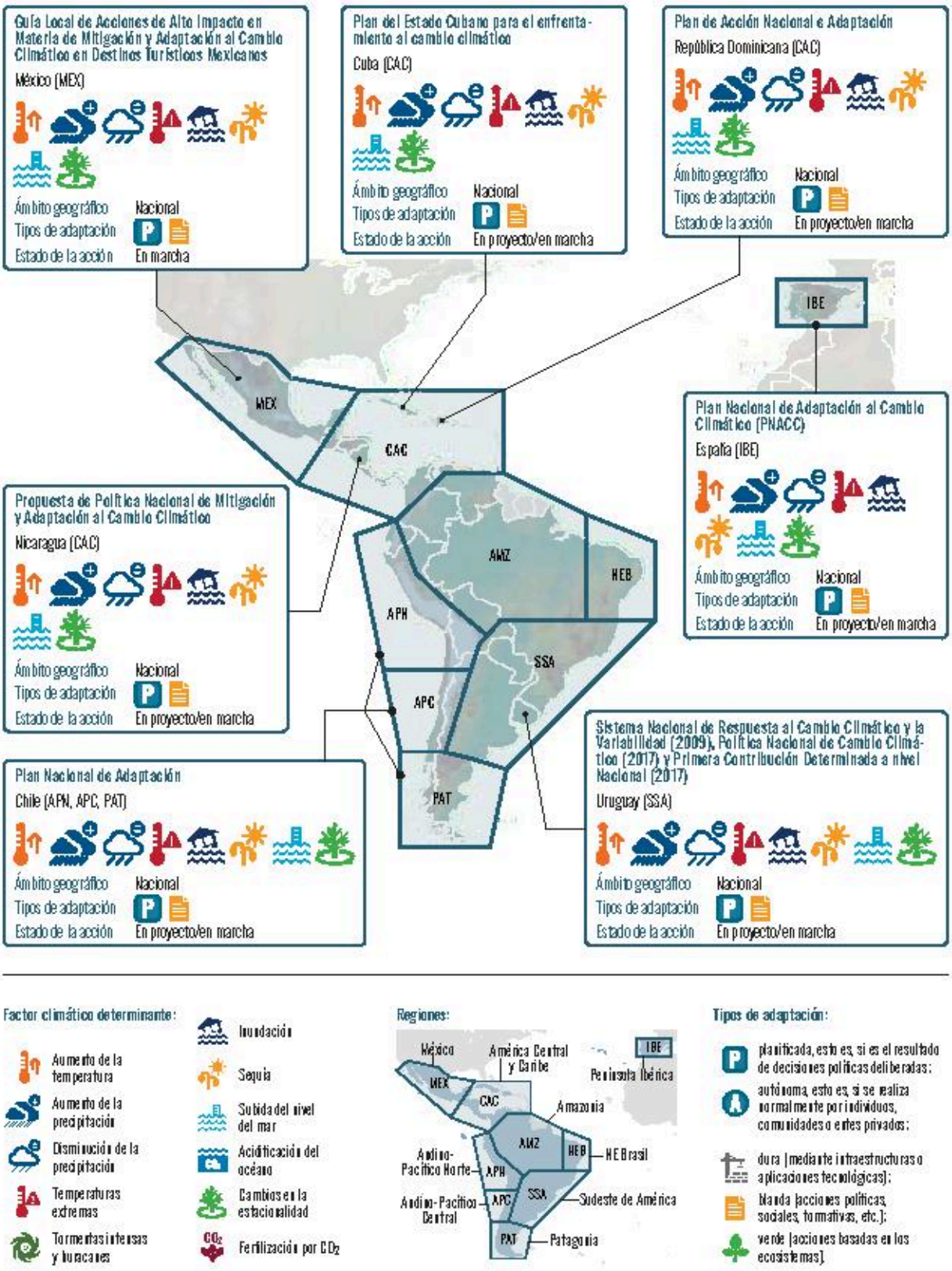


Figura 15.3. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito del turismo. Fuente: elaboración propia.

Tabla 15.1. Opciones de adaptación al cambio climático para el sector turismo en Iberoamérica. Fuente: elaboración propia según información de Gómez-Royuela (2016).

Ámbito		Descripción de la medida de adaptación
Desarrollo humano		Acceso a los servicios básicos (sanidad, educación, vivienda) de la población local de los destinos turísticos, reducción de la desigualdad de género y la marginalidad.
Alivio de la pobreza		Mejor acceso a los recursos locales turísticos y control de estos por las comunidades locales, gestión de desastres, regímenes de seguros.
Seguridad en los medios de subsistencia		Potenciar segmentos turísticos alternativos al turismo tradicional: gastronómico, deportivo, cultural, de ocio, rural, así como otras opciones económicas: agricultura, pesca; acceso a la tecnología y foros de toma de decisiones.
Gestión de riesgos de desastres		Establecer planes de prevención y emergencias y sistemas de alerta temprana en instalaciones turísticas; cartografía de peligros y vulnerabilidades; establecer calendarios para la práctica de actividades recreativas con el fin de preservar la salud de los turistas.
Gestión de ecosistemas		Mantenimiento de humedales y espacios verdes urbanos; forestación costera; gestión de cuencas y embalses; reducción de la intensidad de otros factores de estrés sobre los ecosistemas controlando el número de visitantes; gestión comunitaria de los recursos naturales.
Planificación del uso del suelo		Planificación urbanística y gestión de zonas inundables y zonas protegidas; gestión de ecosistemas y manejo costero integrado.
Estructura física	Opciones de construcción civil	Estructuras de protección costera; sistemas para el control de crecidas; creación de arrecifes artificiales para preservar la flora y fauna marina; sistemas de almacenamiento de agua en hoteles; refugios contra inundaciones y ciclones; elaboración de códigos y prácticas en hoteles; mejoras del transporte y la infraestructura vial.
	Opciones tecnológicas	Sistemas de riego eficiente en campos de golf y zonas verdes, plantas desalinizadoras en hoteles de playa; tecnologías de ahorro de agua en habitaciones de hotel; instalaciones de almacenamiento y conservación de alimentos en instalaciones de restauración; sistemas de alerta temprana en hoteles; aislamiento de edificios; sistemas de refrigeración pasiva; instalación de cañones de nieve en estaciones de esquí (siguiendo parámetros de sostenibilidad) y establecimiento de estaciones de esquí en zonas más elevadas.
	Opciones ecosistémicas	Restauración ecológica; conservación del suelo; forestación y reforestación, gestión comunitaria de los recursos naturales, infraestructura verde en hoteles y playas (árboles de sombra, jardines urbanos, entre otras).
	Servicios	Bancos de alimentos y distribución del excedente de alimentos de los establecimientos hoteleros; refuerzo de los servicios municipales de agua y saneamiento en temporada alta de zonas turísticas; refuerzo de servicios esenciales y de emergencia de salud pública en la temporada estival de zonas turísticas.
Institucionales	Opciones económicas	Incentivos financieros; seguros (de interrupción del viaje en caso de fenómenos climáticos extremos); bonos de catástrofe; fiscalidad desestacionalizadora turística; tarificación del agua como medida en favor de su suministro universal y uso correcto; microfinanciación; fondos para imprevistos en casos de desastre; transferencias de efectivo; asociaciones público-privadas.
	Leyes	Ley de costas, leyes de conservación y restauración de ecosistemas nativos, normas de edificación.
	Políticas y programas	Plan Nacional de Adaptación al cambio climático, planes autonómicos y locales, planes en establecimientos turísticos elaborados en colaboración con trabajadores y sindicatos; ordenación de los recursos hídricos y zonas costeras.
Social	Opciones de comportamiento	Diversificación de las actividades económicas en zonas turísticas, cambios de actividades turísticas (de turismo de esquí a turismo de montaña); redistribución de los flujos turísticos a zonas más templadas o menos saturadas (de zonas costeras al interior); disminución de la estancia media en destinos de sol y playa.
	Opciones de información	Medidas de sensibilización y concienciación para los turistas (olas de calor, prevención contra catástrofes, etc.); elaboración de esquemas de peligros y vulnerabilidades; sistemas de alerta temprana y respuesta; plataformas de intercambio de información, por ejemplo, la plataforma LatinClima.org.
	Opciones educativas	Labores formativas a personal hotelero y del transporte; plataformas de intercambio de información (Adaptecca, Climate Adapt, entre otras); desarrollo de páginas web con información práctica sobre medidas de adaptación.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 15.1 (Cont.). Opciones de adaptación al cambio climático para el sector turismo en Iberoamérica. Fuente: elaboración propia según información de Gómez-Royuela (2016).

Ámbito		Descripción de la medida de adaptación
Esferas de cambio	Práctica	Reformular el modelo turístico vigente, que sea sostenible y se tengan en cuenta las capacidades de carga ambiental/climática de los destinos.
	Políticas y programas	Fomento de las políticas que ayuden a reducir la estacionalidad turística; promoción del turismo sostenible en nuevos espacios naturales derivados de nuevas condiciones; potenciar la acción promocional de productos diversificados y no estacionales en torno a la oferta de sol y playa climática.
	Personal	Generar debate social en la construcción de proyectos turísticos con gran impacto ambiental; cambio en los patrones de viaje fuera de la temporada alta.

15.4.2. Actividades de adaptación planificada

15.4.2.1. Adaptación a nivel nacional

Todos los países de Iberoamérica tienen estrategias o programas explícitos de adaptación al cambio climático, siendo el mayor problema la articulación entre política climática y crecimiento económico (Magrin, 2015). La adaptación al cambio climático en el sector turístico, en general, no se considera como un sector individual, sino, en el mejor de los casos, transversal a través de diferentes sectores de la economía y de la sociedad. Por ejemplo, en España, ya en 2013, el III Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) de la Oficina Española de Cambio Climático (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2013) reconoce que el turismo es un sector crítico para la economía española, particularmente sensible a los impactos del cambio climático, que plantea la necesidad de identificar y abordar los principales retos y oportunidades en el campo de la adaptación tanto para el sector público como para el privado (Gómez, 2016).

Otro ejemplo de avance en adaptación pero que no toma en cuenta el turismo como un sector estratégico explícito es Brasil. La Política Nacional sobre el Cambio Climático (PNMC – Ley n.° 12.127/09; Decreto n.° 7.390/10) establece la necesidad de implementar medidas para promover la adaptación al cambio climático y orientar acciones que promuevan la resiliencia de los sectores frente a los impactos adversos del cambio climático. Así, entre los años 2013 y 2016, fue elaborado el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNA) dentro del ámbito de trabajo del Grupo Ejecutivo del Comité Interministerial sobre Cambio Climático (GEx-CIM), con la participación de la sociedad civil, el sector privado y Gobiernos estatales. Dentro del PNA fueron considerados 11 sectores estratégicos: agricultura, recursos hídricos, seguridad alimentaria y nutricional, biodiversidad y ecosistemas, ciudad, gestión de riesgos y desastres, industria y minería, infraestructura, pueblos y comunidades vulnerables, salud y zonas costeras. El turismo, a pesar de no haber sido analizado independientemente dentro del PNA, forma parte del sector industrial. Los impactos que afectan a este sector dependen del tipo de industria y de su localización geográfica. Además, pueden ser categorizados en impactos biofísicos y en impactos socioeconómicos. Los biofísicos se refieren a la escasez o pérdida de la «materia prima» como alteración en la biodiversidad o la disponibilidad de agua, mientras que los socioeconómicos están relacionados con los daños a la infraestructura y la suspensión de la energía eléctrica y vías de comunicación.

En Uruguay, el sector turístico participa en los arreglos institucionales para la gobernanza de la respuesta al cambio climático mediante la incorporación del Ministerio de Turismo al Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, lo cual por sí mismo constituye una medida de adaptación para el sector. Adicionalmente, la Política Nacional de Cambio Climático, creada en 2016, se refiere específicamente al sector turismo y aborda la adaptación a través de la incorporación transversal de la perspectiva del cambio climático en la planificación y la gestión de actividades, establecimientos y destinos y el compromiso de los actores del sector con un modelo turístico sostenible, resiliente y de bajas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Entre las líneas de acción, propone facilitar el acceso al conocimiento y las tecnologías para la adaptación de actividades e infraestructuras turísticas, fomentar el uso de información meteorológica, las alertas tempranas y la gestión del riesgo climático en la planificación de actividades turísticas, y promover la sostenibilidad como valor agregado de la actividad turística mediante la implementación de sellos y otras formas de certificación, contribuyendo al mismo tiempo a la educación de la población y de los visitantes. La primera Contribución Determinada a nivel nacional de Uruguay bajo el Acuerdo de París de 2015 compromete metas para la implantación del Sello Verde Turístico en establecimientos de alojamiento turístico. Dicho programa promueve buenas prácticas que contribuyen a la mitigación y la adaptación.

Por su parte, Portugal reconoce explícitamente al turismo como un sector estratégico que debe tener una adaptación oportuna al cambio climático. La Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático (ENAAC) de Portugal fue adoptada a través de la resolución del Consejo de Ministros n.° 24/2010 del 1 de abril de 2010. Con esta estrategia

se pretende aumentar la concienciación sobre el cambio climático y sus impactos, mantener actualizado y disponible el conocimiento científico y, de forma integrada, definir las medidas que Portugal tendrá que adoptar para minimizar los efectos del cambio climático. Los sectores considerados prioritarios para la adaptación en Portugal fueron biodiversidad, energía e industria, ordenamiento del territorio y ciudades, recursos hídricos, salud humana, seguridad de personas y bienes, turismo y zonas costeras.

A nivel nacional, México presenta un interesante caso. México, país turístico por excelencia, tiene características geográficas que lo colocan como uno de los países más expuestos a las amenazas del cambio climático. Su localización entre dos océanos, su latitud y relieves, su ubicación entre la zona de convergencia de eventos atmosféricos de diversa naturaleza como son las tormentas tropicales, los huracanes, las ondas del este, las masas de aire frío y caliente, los efectos del sistema atmosférico de El Niño, entre otros, lo hacen estar particularmente expuesto a diferentes fenómenos hidrometeorológicos extremos en zonas turísticas. Como en otros países de la región, algunos de los impactos del cambio climático que pueden afectar directamente al turismo en las zonas costeras son: a) modificaciones en la distribución de las especies marinas de interés comercial y en la disponibilidad de recursos pesqueros por cambios de temperatura y en las corrientes oceánicas; b) afectación de arrecifes coralinos, manglares, humedales, playas y zonas bajas por el aumento del nivel del mar; c) erosión de playas por elevación del nivel del mar, mareas altas, tormentas y huracanes; d) riesgo de afectación a infraestructura costera, reducción del valor de inmuebles e infraestructura urbana, e) costos incrementales de las pólizas de aseguradoras; f) afectación a la piscicultura en zonas costeras y humedales, y g) disminución de ingresos, y por ende, de divisas del sector turístico en las zonas costeras afectadas.

La Secretaría de Turismo de México, dentro del marco de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, ha implementado programas que, si bien tienen cobertura a nivel nacional, se enfocan en destinos turísticos prioritarios con el objetivo de generar programas de adaptación, así como generar un sistema de alerta temprana frente a fenómenos hidrometeorológicos extremos. Los destinos considerados son: Acapulco, Cancún, Huatulco, Ixtapa Zihuatanejo, Los Cabos, Mazatlán, Nuevo Vallarta, Puerto Vallarta, Riviera Maya (Solidaridad-Tulum) y Veracruz (Boca del Río-Veracruz). Actualmente, el estudio se encuentra analizando los destinos de Campeche, San Miguel de Allende, el mencionado Manzanillo, Monterrey, Morelia y Puebla. Uno de los principales resultados de los estudios es la identificación de la falta de normatividad sobre los rubros de adaptación al cambio climático y gestión municipal de riesgos, y la desvinculación respecto a la planificación territorial, las políticas para la prevención y gestión integral del riesgo y la prácticamente nula capacidad de adaptación. Esto ha propiciado la expansión de los asentamientos humanos irregulares, el desarrollo de infraestructura hotelera en zonas no aptas, el incremento de la vulnerabilidad debido al aumento de fenómenos hidrometeorológicos asociados al cambio climático, el manejo inadecuado de cuencas hidrológicas y el deterioro ambiental, entre otras dificultades.

En otros países, como el caso de Costa Rica, la adaptación al cambio climático se genera indirecta o subyacentemente, es decir, la adaptación es el resultado de adaptación de otros sistemas, como el de bosques. Las sinergias entre el turismo ecológico y los recursos naturales en Costa Rica ofrecen una de las mejores plataformas para formular políticas que ayuden a mitigar las emisiones causadas por las actividades turísticas, así como para adaptar estas últimas al cambio climático en la subregión (Schatan *et ál.,* 2010). El Plan Nacional de Cambio Climático divide el análisis de cambio climático en los siguientes ejes: ecosistemas y biodiversidad, sector agropecuario, salud, agua potable/saneamiento, transporte y vivienda. El sector turismo debe ser abordado de manera transversal a los otros sectores (DNP *et ál.,* 2012). Es decir, no necesariamente con adaptaciones específicas al turismo, sino que las medidas de adaptación en otros sectores han afectado positivamente a este sector de la economía.

Costa Rica ha logrado articular una política de protección y salvaguarda de sus bosques tropicales con estrategias de impulso al turismo ecológico y de aventura. Existe un apoyo a silvicultores y propietarios de bosques para evitar la deforestación y promover la llegada de turistas. Bajo la figura de Pago por Servicios Ambientales (PSA) promovieron, en el periodo 1979-1995, la protección, la reforestación y el manejo de 167.443 hectáreas con una inversión de 148,56 millones de dólares (Barrantes, 2000). Estas circunstancias las supo aprovechar Costa Rica para impulsar, antes que cualquier otro país latinoamericano, cuatro modalidades de turismo no convencional: el turismo rural, científico, ecológico y de aventura.

En la **Tabla 15.2** se presenta una revisión de los principales instrumentos de adaptación a nivel nacional observados en algunos países de Iberoamérica en relación con el turismo.

15.4.2.2. Subnacional y local

Esta sección ilustra diferentes ejemplos de adaptación local y subnacional. Debido a que no existen casos bien documentados de adaptación formal del sector turístico, se presentan tres ejemplos para México, Colombia y Perú.

A nivel local, en términos de adaptación, México muestra casos interesantes. La Secretaría de Turismo elaboró la Guía Local de Acciones de Alto Impacto en Materia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en Destinos Turísticos Mexicanos (Zentella, 2014) como un manual para los tomadores de decisiones a nivel local. La idea es que los gobiernos municipales estén capacitados para diseñar líneas de acción de alto impacto que podrán realizar en el corto, medio y largo plazo para mitigar las emisiones de GEI del sector, así como reducir las vulnerabilidades de la población y de toda la infraestructura productiva de las actividades económicas, entre ellas, la actividad turística.

Tabla 15.2. Ejemplos de planes específicos de adaptación del sector turismo a nivel nacional. Leyenda de regiones: América Central y Caribe (CAC), Amazonia (AMZ), NE Brasil (NEB), sudeste de América (SSA), oeste de Sudamérica (WSA) y Península Ibérica (IBE). Fuente: elaboración propia.

Región	País	Plan nacional	Detalles y planes de adaptación para el turismo
WSA/AMZ	Ecuador	Estrategia Nacional sobre el Cambio Climático, 2009	Plan integral de mitigación y adaptación, que se enmarca en la estrategia de desarrollo más amplia de Ecuador. Aunque el turismo es considerado un sector prioritario para la adaptación (junto con la agricultura, la ganadería y la soberanía alimentaria; la pesca y la acuicultura; la salud; los recursos hídricos; los ecosistemas naturales; los grupos humanos vulnerables; la infraestructura y los asentamientos humanos), no hay directrices específicas sobre qué medidas de adaptación se deben tomar en este sector.
WSA/AMZ	Perú	Estrategia Nacional del Cambio Climático, 2015	El plan integrado de mitigación y adaptación hace hincapié en el desarrollo sostenible con bajas emisiones de carbono. La adaptación en el sector turístico no se menciona en la estrategia. La estrategia no describe las medidas de adaptación específicas relacionadas con recursos turísticos que deben adoptarse en el país. Se ha creado la Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública del Sector Turismo, cuyo Anexo 8 incluye planes de desarrollo turísticos en un contexto de cambio climático (CC).
WSA/AMZ	Colombia	Estrategia Nacional para el Cambio Climático, 2013 Política Nacional de Cambio Climático, 2014 Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, 2016	El turismo y el comercio relacionado se consideran un sector prioritario en el Plan Nacional de Adaptación, que incluye una directiva para la elaboración de un plan de adaptación sectorial interministerial (Ministerios de Comercio, Industria y Turismo participarán en su formulación y aplicación). Se discuten los impactos que el cambio climático probablemente tendrá sobre el turismo y el comercio en diferentes regiones del país; sin embargo, no hay un esquema para medidas de adaptación específicas. Hay que recalcar que el sector turístico ha tenido una participación activa en la construcción del Plan Integral de Cambio Climático Sectorial (PIGCCS), que es uno de los instrumentos para la gestión del cambio climático.
AMZ/NEB	Brasil	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, 2016	El turismo no se menciona específicamente como un sector individual para la adaptación. Sin embargo, se considera brevemente bajo impactos climáticos, incluyendo el deterioro de la calidad del agua, los vectores de enfermedades infecciosas, la erosión costera y las inundaciones, y la acidificación de los océanos. Se observa que todos estos factores harán sufrir al turismo. No se trata al turismo como sector económico o como como industria. Hasta el 2016 no existía un plan de adaptación para el turismo.
WSA	Chile	Plan Nacional de Adaptación, 2014	El turismo se considera un sector prioritario para la adaptación. El plan detalla las líneas de acción a implementar en diferentes sectores. Específicamente, para turismo son: (1) evaluar la vulnerabilidad del turismo nacional para identificar las zonas y productos turísticos que se verán más afectados bajo diferentes escenarios climáticos y con la ocurrencia de eventos climáticos extremos; (2) identificar acciones de adaptación al cambio climático para enfrentar los diferentes tipos de impactos sobre el turismo (cambios en el espacio geográfico del turismo, efectos sobre la infraestructura y demanda turística, sobre la accesibilidad, sobre la calidad de los servicios, etc.); (3) integrar el cambio climático y la adaptación en las políticas, estrategias y programas de turismo sostenible, en línea con el desarrollo más amplio del país, y (4) involucrar a todas las partes interesadas a través de la difusión, capacitación y participación en la definición de las acciones de adaptación.
AMZ/CAC	Venezuela		Venezuela no tiene una estrategia de adaptación climática. Existen comunicaciones oficiales con la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en torno a los desafíos climáticos. En general, el cambio climático y el desarrollo sostenible han sido incorporados en la Segunda Política Nacional Socialista de Venezuela. La Constitución también se centra en la eco-justicia en la que la naturaleza tiene derechos; sin embargo, el turismo aparece como una cuestión central.
CAC	Guatemala	Plan Nacional de Adaptación, 2013	El plan se centra en la adaptación en sectores específicos (salud humana, zonas marinas y costeras, agricultura, recursos forestales, infraestructura, recursos hídricos), pero el turismo no se considera un sector prioritario para la adaptación. De hecho, el turismo apenas se menciona en todo el plan.
CAC	Honduras	Estrategia Nacional sobre Cambio Climático, 2011	En el plan integrado de mitigación y adaptación, el turismo no se considera un sector prioritario individual y apenas se menciona. Se debe enfatizar, sin embargo, que Honduras es miembro del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), que es el marco institucional para la integración de los Estados centroamericanos, y de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), un comité que reúne a los ministerios de medio ambiente de los Estados miembros del SICA. La CCAD y el SICA han desarrollado una estrategia regional de cambio climático (2010) que propone nueve objetivos estratégicos bajo un tema más amplio de adaptación con más de 150 medidas, una de las cuales se refiere al turismo.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 15.2 (Cont.). Ejemplos de planes específicos de adaptación del sector turismo a nivel nacional. Leyenda de regiones: América Central y Caribe (CAC), Amazonia (AMZ), NE Brasil (NEB), sudeste de América (SSA), oeste de Sudamérica (WSA) y Península Ibérica (IBE). Fuente: elaboración propia.

Región	País	Plan nacional	Detalles y planes de adaptación para el turismo
CAC	El Salvador	Plan Nacional sobre Cambio Climático, 2017	Plan integrado de mitigación y adaptación. Altamente centrado en la adaptación sectorial con énfasis en la conservación de la biodiversidad/ecosistemas, la agricultura, los bosques, los recursos hídricos y el desarrollo urbano. El turismo no es considerado como un sector individual o prioritario para la adaptación. Se infiere que el turismo probablemente sufrirá como resultado de los impactos climáticos en otras industrias, específicamente en los recursos hídricos y en el desarrollo urbano y costero. Como otros países de la región, El Salvador es miembro del SICA y de la CCAD, que tienen al turismo como objetivo estratégico de adaptación en su estrategia regional de cambio climático.
CAC	Cuba	Plan de Estado Cubano para el enfrentamiento al cambio climático, 2017	El Plan Tarea Vida del Estado Cubano para el Enfrentamiento del Cambio Climático, al reconocer la vulnerabilidad de áreas claves para el desarrollo turístico, incluye como una de sus tareas principales la adaptación al cambio climático, de carácter integral y progresivo en zonas priorizadas, considerando la población amenazada, su seguridad física y alimentaria y el desarrollo del turismo. Además, se enfatiza la conservación y recuperación de las playas arenosas del archipiélago cubano, priorizando las urbanizadas de uso turístico y reduciendo la vulnerabilidad estructural del patrimonio construido.
WSA/AMZ	Bolivia	Mecanismo de Adaptación al Cambio Climático, 2007	El plan prevé la elaboración de una estrategia de gestión de riesgos y adaptación para los sectores vulnerables. Convierte las disposiciones generales del Plan Nacional de Desarrollo (2006) en un plan de acción para la adaptación. Está dividido en siete programas, de los cuales seis son sectoriales (agua, salud, seguridad alimentaria, ecosistemas, asentamientos humanos y gestión de riesgos). No se menciona el turismo.
SSA	Argentina	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y Plan Nacional de Respuesta frente al Cambio Climático (ambos en elaboración)	Actualmente, Argentina está elaborando un plan nacional de adaptación, en el cual se ha identificado al turismo como uno de los siete sectores a trabajar para aumentar la resiliencia del país frente al cambio climático. Esto se logra mediante la incorporación de la Secretaría de Gobierno de Turismo al trabajo coordinado y articulado del Gabinete Nacional de Cambio Climático.
SSA	Paraguay	Estrategia Nacional para la Mitigación del Cambio Climático, 2015	El plan no se centra en la adaptación sectorial y no se menciona el turismo. Se hace hincapié en cinco estrategias más amplias para responder al cambio climático: 1) innovación tecnológica; 2) difusión de los desafíos y oportunidades del cambio climático; 3) creación de capacidad gubernamental para responder al cambio climático; 4) temas transversales al cambio climático (derechos, género, diversidad cultural, reducción de riesgos), y 5) reducción de riesgos y adaptación.
SSA	Uruguay	Creación del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y la Variabilidad (2009), Política Nacional de Cambio Climático (2017) y Primera Contribución Determinada a nivel Nacional (2017)	El sector turístico participa en los arreglos institucionales para la gobernanza de la respuesta al cambio climático mediante la incorporación del Ministerio de Turismo al Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático. Adicionalmente, la Política Nacional de Cambio Climático fue elaborada durante 2016 en un proceso de planificación y gestión participativa, con actores del Gobierno, de la academia y la sociedad civil con un horizonte temporal en 2050. La primera contribución determinada a nivel nacional de Uruguay bajo el Acuerdo de París de 2015 incluye medidas para promover buenas prácticas que contribuyan a la mitigación y la adaptación.

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 15.2 (Cont.). Ejemplos de planes específicos de adaptación del sector turismo a nivel nacional. Leyenda de regiones: América Central y Caribe (CAC), Amazonia (AMZ), NE Brasil (NEB), sudeste de América (SSA), oeste de Sudamérica (WSA) y Península Ibérica (IBE). Fuente: elaboración propia.

Región	País	Plan nacional	Detalles y planes de adaptación para el turismo
CAC	República Dominicana	Plan Nacional de Adaptación 2015-2030	El turismo es nombrado como un sector prioritario para la adaptación, junto con otros ocho, que incluyen los recursos hídricos, la agricultura, la salud, la biodiversidad, los bosques, los recursos marinos y costeros, y la infraestructura y la energía. El plan reconoce una serie de daños y costos que podrían resultar de los impactos climáticos en el turismo y esboza medidas de adaptación que se deben tomar. En general, el plan tiene por objeto promover el turismo sostenible de acuerdo con la adaptación y la protección de la biodiversidad a través de las siguientes actuaciones: – Definición y desarrollo de prácticas de protección de manglares y humedales costeros. – Elaboración de estudios de impacto para determinar las causas de la disminución del agua dulce. – Desarrollo de un programa de control para la salinización de aguas subterráneas. – Elaboración de planes que contengan medidas de protección del litoral ante la posible elevación del nivel del mar en zonas vulnerables. – Desarrollo de un programa de manejo costero que incluya el monitoreo de arrecifes coralinos, restauración y mejoramiento de la defensa de la costa a través de la reforestación, forestación y amortiguamiento. – Elaboración y ejecución de planes que contengan medidas para proteger la infraestructura costera en condiciones climáticas extremas (ciclones, elevación del nivel del mar, inundaciones). – Elaboración e implementación del programa de gestión de riesgos del sector turismo en coordinación con las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA), Salud Pública (SESPAS), COE y Defensa Civil.
CAC	Panamá	Estrategia Nacional para el Cambio Climático, 2015	Plan integrado de mitigación y adaptación elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente. Se centra en la adaptación sectorial en seis sectores (agua, energía, marina/costa, logística, distritos resilientes y alimentos). No se menciona el turismo.
CAC	Nicaragua	Propuesta de Política Nacional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático	Incluye lineamientos de política con incidencia en el sector turismo: (a) promover estrategias que permitan aumentar la participación de las energías renovables en la matriz energética eléctrica nacional y con ello desarrollar la industria turística con energía limpia; (b) fomentar la construcción de infraestructura ambientalmente eficiente, propiciando el uso ordenado del suelo y los espacios urbanos, desarrollo de tecnologías de viviendas adaptadas a un nuevo clima, con calidad y seguridad, bajas en emisiones de carbono, eficientes energéticamente y ahorro en el consumo de agua; (c) evitar el desarrollo de asentamientos humanos en zonas costeras que puedan estar directamente expuestos a la elevación del nivel del mar; d) reducir la vulnerabilidad al cambio climático de la infraestructura vial mediante la corrección de puntos crítico, y e) desarrollar estrategias de identificación, utilización y preservación de recursos naturales y paisajísticos de especial interés para el desarrollo turístico adaptados al cambio climático y con énfasis en la captura de carbono.
IBE	España	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)	El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) es el marco de referencia para la coordinación entre las Administraciones públicas en las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España. El plan, elaborado por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), fue adoptado por el Consejo de Ministros en el año 2006 y desde entonces se han sucedido ya tres programas de trabajo y cuatro informes de seguimiento. En todos ellos, el sector turístico ha sido considerado como prioritario por ser un sector sensible y vulnerable al cambio climático, por su importancia territorial y por su destacado peso socioeconómico. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) se organiza en torno a cuatro ejes y dos pilares: - Eje de generación de conocimientos en materia de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. - Eje de integración de la adaptación al cambio climático en la normativa. - Eje de movilización de actores clave. - Eje de establecimiento de un sistema de señales, evidencias e indicadores de los impactos y la adaptación al cambio climático en España. - Pilar de potenciación de la I+D+i. - Pilar de refuerzo de la coordinación entre Administraciones.

En Colombia, en muchos planes de desarrollo turístico se ha tomado en cuenta la adaptación al cambio climático. Por ejemplo, se prevé que, para el 2040, la región de Magdalena cuente con un sector turístico competitivo y de calidad, con nuevas rutas turísticas locales compatibles con el clima futuro y soportado por una infraestructura sostenible con alta eficiencia en el uso de los recursos hídricos y energéticos, y resistente a los impactos del cambio climático, posicionándose como un destino a nivel nacional e internacional (Corporación Ambiental Empresarial & Ecología, 2016). Para alcanzar este objetivo, se plantearon una serie de medidas, entre ellas, reducir la vulnerabilidad al cambio climático de las zonas de interés turístico continentales y marino-costero; reducir posibles riesgos de daños en la infraestructura turística; reducir el nivel de exposición a las amenazas de las zonas turísticas, y mantener la sostenibilidad en la prestación de los servicios por parte de las comunidades locales y la seguridad de los turistas.

En Perú, el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR) condujo en el 2015 un estudio para analizar la vulnerabilidad del turismo frente a riesgos climáticos en Machu Picchu, incluyendo al santuario histórico, el pueblo y las rutas de acceso. Se prevé evaluar la vulnerabilidad de siete recursos turísticos y, en función de sus resultados, elaborar estrategias de adaptación. Además, impulsa de manera interna la ecoeficiencia a partir del monitoreo del consumo energético y del agua, y la medición de su huella de carbono y la de sus eventos.

15.5. Barreras, oportunidades e interacciones

En la **Figura 15.4** se presentan las posibles interacciones de una serie de medidas de adaptación propias del sector turismo con otras áreas de desarrollo.

15.5.1. Barreras

Las actividades de adaptación planificada desarrolladas a diferentes escalas en los países RIOCC se pueden ver obstaculizadas por factores de índole diversa. Evidenciar las barreras que dificultan las capacidades nacionales y locales de adaptación constituye un primer paso para lograr una planificación efectiva del sector turístico a mediano y largo plazo. En este sentido, las barreras más destacadas en la región son:

- Un primer obstáculo a superar es la comprensión limitada de los riesgos y vulnerabilidades del sector turístico, y con ella, la escasa atención prestada al turismo en los estudios de impactos del cambio climático y la poca presencia del sector turístico en los planes de adaptación de buena parte de los países de la RIOCC.
- Escasa percepción del riesgo. Percibir los impactos del cambio climático sobre el sector turístico como una amenaza a mediano plazo, con un elevado grado de incertidumbre y no prioritaria (**Figura 15.5**), constituye un importante obstáculo en los procesos de adaptación. La percepción del cambio climático como un fenómeno incierto y no cercano en el tiempo constituye una barrera que puede ralentizar los procesos de adaptación en el sector turístico.
- Escasa integración de la adaptación al cambio climático en la normativa y política sectorial (planificación de recursos hídricos, ordenación de zonas costeras, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, salud, turismo, etc.) y, a su vez, mínima consideración del turismo en las políticas de apoyo, normas y reglamentos en materia específica de cambio climático.
- Falta de recursos financieros. Los datos proporcionados en el informe sobre Financiamiento para el cambio climático en América Latina y Caribe (2015) y el Mapeo de fuentes de financiamiento climático en América Latina (2017) muestran que hay disponibilidad de recursos financieros para responder al cambio climático en la región y que los países los están utilizando. Sin embargo, al no ser considerado el turismo un sector prioritario en la mayoría de los países, las partidas destinadas a la adaptación en el sector son comparativamente menores que las destinadas a sectores señalados como prioritarios.
- Confianza excesiva en las opciones tecnológicas. La excesiva confianza en la tecnología para resolver buena parte de los impactos derivados del cambio climático puede actuar como una barrera de cara a la implementación de otras opciones más sostenibles. En este sentido, podría suceder que lo que una buena parte del sector percibe como una óptima estrategia de adaptación entre en conflicto con los discursos defendidos por los organismos públicos de acuerdo con los compromisos internacionales en materia de cambio climático.

15.5.2. Oportunidades

La industria del turismo en Iberoamérica tiene muchas opciones de adaptación al cambio climático que crean oportunidades más amplias para el desarrollo sostenible en los mismos destinos y para los procesos turísticos dentro de la industria turística. Por ejemplo, en la **Tabla 15.3** se encuentran algunos casos de adaptación y sus impactos en la mitigación y oportunidades sociales, y en la **Tabla 15.4** se muestran ejemplos de los beneficios de la adaptación para distintos tipos de negocios turísticos.

15.5.3. Interacciones con la mitigación

Los beneficios e impactos negativos del turismo en la sociedad y la economía hacen que este sea un sector singular cuando se habla de mitigación y adaptación al cambio climático. El turismo es fuente de gases de efecto invernadero (Lionetti y Gonzalez, 2012), pero también es uno de los

Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Acceso a los servicios básicos (sanidad, educación, vivienda) de la población local de los destinos turísticos, reducción de la desigualdad de género y la marginalidad	●	●	●	●	●	●	●		4
Mejor acceso a los recursos locales turísticos y control de estos por las comunidades locales, gestión de desastres, regímenes de seguros	●	●	●	●	●	●	●		4
Potenciar segmentos turísticos alternativos al turismo tradicional: gastronómico, deportivo, cultural, de ocio, rural, así como otras opciones económicas: agricultura, pesca; acceso a la tecnología y foros de toma de decisiones	●	●	●	●	●	●	●		4
Establecer planes de prevención y emergencias en instalaciones turísticas; sistemas de alerta temprana; cartografía de peligros y vulnerabilidades; establecer calendarios para la práctica de actividades recreativas con el fin de preservar la salud de los turistas	●	●	●	●	●	●	●		1 2 3 4
Planificación urbanística y gestión de zonas inundables y zonas protegidas. Gestión de ecosistemas y manejo costero integrado	●	●	●	●	●	●	●		4
Estructuras de protección costera; sistemas para el control de crecidas; creación de arrecifes artificiales para preservar la flora y fauna marina; sistemas de almacenamiento de agua en hoteles; refugios contra inundaciones y ciclones; elaboración de códigos y prácticas en hoteles; mejoras del transporte y la infraestructura vial	●	●	●	●	●	●	●		4
Incentivos financieros; seguros (de interrupción del viaje en caso de fenómenos climáticos extremos); bonos de catástrofe; fiscalidad desestacionalizadora turística	●	●	●	●	●	●	●		4
Diversificación de las actividades económicas en zonas turísticas, cambios de actividades turísticas (turismo de esquí a turismo de montaña), redistribución de los flujos turísticos a zonas más templadas o menos saturadas (de zonas costeras al interior), disminución de la estancia media en destinos de sol y playa	●	●	●	●	●	●	●		4

Figura 15.4. Interacciones en el ámbito del turismo entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. *(Continúa en la página siguiente).*

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (●) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo).

Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

[3] Prioridades del Marco Sendai: ❶ comprensión del riesgo de desastres; ❷ fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; ❸ invertir en la reducción del riesgo de desastres; para aumentar laresiliencia; ❹ mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Figura 15.4. Interacciones en el ámbito del turismo entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia. *(Continúación).*

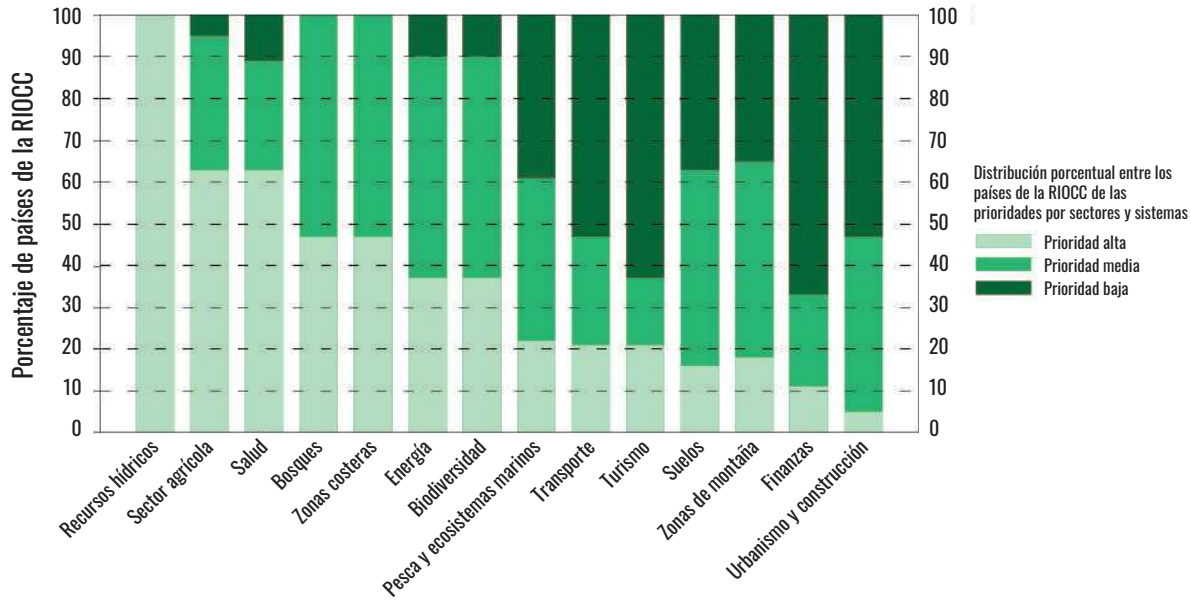


Figura 15.5. Prioridades regionales de los países de la RIOCC. Fuente: Programa Iberoamericano de Adaptación al Cambio Climático (PIACC).

principales sectores económicos afectados por el cambio climático. En la mayoría de los países de Iberoamérica, la mitigación al cambio climático, incluyendo la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI), forma parte de la política industrial y forestal de cada país. En efecto, a través de organizaciones de la sociedad civil, y con el respaldo de los diferentes centros de investigación, se han diseñado mecanismos que permiten compensar las emisiones de GEI de los viajeros que llegan a diferentes destinos. La mayoría de esfuerzos desde el sector turístico han estado dedicados al subsector del transporte aéreo, con énfasis especial en el cambio de comportamiento del turista, pero también proponiendo cambios normativos (Higham *et ál.,* 2016). Por ejemplo, en Ecuador y Costa Rica, se le incita a intercambiar

Tabla 15.3. Oportunidades de adaptación para el desarrollo sostenible. Fuente: modificado a partir de Becken y Hay (2007).

Adaptación	Impacto en mitigación	Oportunidades
Bosques protegen contra tormentas, mejoran el microclima, reducen la erosión.	Bosques reducen las emisiones netas de carbono.	Benefician directamente al mantenimiento de la biodiversidad, manejo del agua y los suelos.
Conservación de agua.	Reduce costos de energía en el suministro de agua (bombas, transporte, etc.).	Ahorra costos, especialmente cuando el agua es transportada a islas; reduce el conflicto en áreas donde el agua es escasa.
Incremento de la proporción de energía limpia.	Reduce emisiones de carbono.	Menos contaminantes que combustibles fósiles; reduce la dependencia en importación de combustibles.
Diversificación de mercados.	Es positiva si los nuevos mercados son ecológicamente más eficientes.	Depende del impacto ambiental de los nuevos mercados.

Tabla 15.4. Oportunidades de la adaptación al cambio climático para la industria del turismo. Fuente: modificado a partir de Becken y Hay (2007).

Tipo de negocio	Nuevos retos	Nuevas oportunidades
Viaje	Menor demanda en destinos tradicionales que se han vuelto climáticamente menos confortables.	Desarrollo de paquetes más activos en destinos tradicionales. Aprovechar la demanda de seguros por cancelaciones relacionados con el clima.
Transporte	Aumento de reclamaciones debido a accidentes relacionados con el clima. Incremento en distancias por veranos más calientes y largos.	La aplicación de nuevas tecnologías puede reducir la intensidad y frecuencia de los accidentes. Desarrollar mecanismos para disminuir distancias en respuesta a altos precios de combustibles, emisiones; uso de transporte público.
Construcción	Fallas no anticipadas a materiales tradicionales de construcción debido a nuevos eventos climáticos.	Aplicación de nuevas tecnologías y materiales que optimizan costos y previenen daños.
Salud	Mayor estrés por calor; mortalidad durante el verano; inseguridad alimentaria; alta ocurrencia de enfermedades transmitidas por vectores.	Implementación de sistemas de alerta temprana, presión política para mejores sistemas de salud, sistemas alimenticios inteligentes al cambio climático.

una cantidad pequeña de dinero, que se destina a la reforestación a través de programas operados por organizaciones comunitarias, turísticas y de la sociedad civil (Zentella *et ál.,* 2014).

Uno de los mecanismos para reconocer y financiar la política de protección de bosques y reforestación en el marco de las políticas contra el Cambio Climático es el mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques (REDD+), que está diseñado para contribuir de manera significativa a la reducción de la pobreza. A pesar de que todavía no existe evidencia robusta, existe un gran potencial de sinergismo entre REDD+ y el ecoturismo (Torres, 2014).

En turismo en España, pueden ya encontrase ejemplos de interacciones entre mitigación y adaptación en lo que respecta al manejo integrado del recurso hídrico y reducción de riesgo de sequía en destinos turísticos (Cerdá *et ál.,* 2017; Olcina Cantos *et ál.,* 2016; Sánchez 2016; Martínez Ibarra, 2015), así como reducción de inundaciones (Olcina Cantos, 2017). Sin embargo, el reto de España es combatir el cambio climático desde el sector del turismo aplicando estrategias de adaptación y mitigación que no resten competitividad ni a los destinos ni a las empresas turísticas (Gómez Martín, 2017). Este mismo mensaje se puede adaptar a toda Iberoamérica, que cada vez es más vulnerable a los efectos del cambio climático y más dependiente de los recursos que provee el turismo.

15.6. Medidas/indicadores de la efectividad de la adaptación

Específicamente para turismo en Iberoamérica no se han encontrado maneras de evaluar la efectividad de la adaptación al cambio climático. Sin embargo, hay medidas que indirectamente, y en el largo y mediano plazo, pueden cuantificar la reducción de riesgo o impacto del cambio climático. En México, por ejemplo, se desarrolló un índice de vulnerabilidad física de los diez destinos turísticos estudiados inicialmente, el cual fue calculado integrando el índice de vulnerabilidad costera, el indicador de inundación por marea de tormenta y el indicador de inundación fluvial (Zentella, 2014). Siete de los diez destinos analizados inicialmente presentan una vulnerabilidad física muy alta, y tres ocuparon una categoría de vulnerabilidad física alta. También se calculó un índice de vulnerabilidad social, tomando en cuenta los

indicadores de gobernabilidad, de exposición, de percepción ciudadana, de cohesión social y de capacidad de respuesta del sector salud. El resultado muestra que tres municipios se consideraron vulnerables y los siete municipios restantes son considerados poco vulnerables. El objetivo de cuantificar estos índices es conocer, a través del uso de sistemas de información geográfica, la ubicación de las zonas vulnerables a fenómenos asociados al cambio climático. A partir de este trabajo se construyó una matriz de medidas de adaptación, dando paso a la elaboración de programas de adaptación adecuados para cada destino, los cuales incluyen instrumentos normativos y de política pública de carácter municipal, fortalecimiento de capacidades institucionales, protección civil, investigación científica y tecnológica, fortalecimiento de capacidades sectoriales, recursos naturales y protección al ambiente, salud, sistema de alerta temprana, infraestructura, transporte y vialidades, manejo de residuos y educación para la prevención de riesgos.

Los resultados derivados de las evaluaciones de potencialidad turística del clima realizadas mediante diferentes aproximaciones metodológicas (índices climáticos o tipos de tiempo) pueden servir como indicadores que denotan los cambios en las aptitudes atmosféricas para la práctica de diferentes modalidades turísticas. Los calendarios de aptitud climático-turística son fundamentales para plantear estrategias de desestacionalización y diversificación turística en los destinos turísticos que permitan la adaptación al cambio climático.

15.7. Casos de estudio

En la **Figura 15.6** se presenta una caracterización de los casos de estudio incluidos en el presente capítulo.

15.7.1. Turismo de nieve en España

15.7.1.1. Resumen

El turismo de montaña y nieve está estrechamente relacionado con factores meteorológicos y climáticos, por lo que se necesitan medidas de adaptación al cambio climático. Como se observa en el caso de España, los escenarios climáticos para los ambientes de alta montaña predicen cambios en parámetros clave para los deportes de nieve. Dentro de un contexto de incertidumbre, la industria del turismo de nieve y los gobiernos locales han iniciado procesos de adaptación a través de algunas medidas técnicas, comerciales y legales. Sin embargo, es necesario profundizar la adaptación y

Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Turismo de nieve en España	España			Nacional		Subnacional
Turismo de naturaleza en las islas Galápagos, Ecuador	Ecuador			Local		Subnacional



Figura 15.6. Caracterización de los casos de estudio (turismo). Fuente: elaboración propia.

articular las agendas globales de cambio climático con las acciones locales.

15.7.1.2. Introducción

En España, el turismo de nieve ha sido, y sigue siendo, el principal generador de riqueza en todos aquellos territorios de montaña vinculados a esta actividad. La evolución de una economía tradicional (basada en el aprovechamiento ganadero y forestal) hacia una economía turística ha mejorado la situación de las zonas de montaña especializadas en el esquí, y ello se ha traducido en la creación de empleo, la mejora de las infraestructuras y servicios, o el rejuvenecimiento de la población (Lasanta Martínez, 2010; Vera *et ál.,* 2011). Ahora bien, la promoción de la actividad turística ligada al recurso de nieve no ha estado exenta de riesgos y problemáticas, en particular por el agresivo consumo de espacio realizado y los fuertes impactos ambientales derivados (Cáncer Pomar y Pérez Cabello, 2001; López *et ál.,* 2002).

15.7.1.3. Descripción del caso

Las actividades turísticas vinculadas a la nieve tienen una estrecha dependencia climática (López *et ál.,* 2002). En España, el balance de las temporadas en las 31 estaciones de esquí existentes está cada vez más condicionado por la creciente variabilidad e irregularidad meteorológica. Los cambios experimentados y proyectados en las condiciones climáticas de las áreas de montaña española auguran tiempos difíciles para el turismo de nieve (AEMET, 2015). Todos los escenarios coinciden en señalar un incremento de la variabilidad y una reducción de las precipitaciones totales anuales, aunque con una tendencia incierta. Esa inseguridad en la presencia del recurso nieve y el proyectado aumento de las temperaturas ponen en peligro la viabilidad natural de las estaciones españolas, en especial de aquellas que presentan dominios esquiables por debajo de los 2.000 metros de altitud (Fraguell *et ál.,* 2016; Pons *et ál.,* 2014).

Por ello, frente a los cambios registrados y frente a este escenario incierto, las estaciones de esquí españolas han empezado a implementar estrategias de adaptación, entre ellas, 1) la diversificación de los productos de la nieve: las estaciones se han convertido en auténticos parques temáticos de la nieve, donde, además de los tradicionales esquí alpino, nórdico o tabla de nieve —que para su ejercicio demandan condiciones óptimas en el recurso blanco—, se practican otras actividades, como montar en trineo, pasear en motos de nieve, carreras de trineos, construcción de iglús, etc., también vinculadas al recurso de nieve, pero con menores requerimientos en cuanto a su calidad, lo que permite «salvar» las temporadas en los años «atmosféricamente malos»; 2) la transformación de la «estación de esquí» en «estación de montaña»: prolongar la actividad turística en las estaciones de esquí más allá de la temporada de invierno es una tendencia al alza en los complejos de esquí españoles que permite la desestacionalización de la actividad turística y, consecuentemente, la mejor rentabilización de las infraestructuras y equipamientos; 3) el desarrollo de estrategias empresariales para maximizar beneficios y hacer frente a las dificultades: forfaits válidos para diferentes estaciones de esquí ubicadas en diferentes enclaves, ampliación de horarios de funcionamiento diurno/nocturno, mejora en la capacidad y velocidad de los remontes, etc.; 4) la adopción de medidas técnicas para la protección y conservación de la nieve: *snowfarming,* transporte de nieve, pisado de la nieve, cobertura de la nieve mediante paja, etc.; 5) la mejora del monitoreo meteorológico y climático en las estaciones: permite mejorar y maximizar la producción artificial del recurso a un menor costo económico y energético, y 6) la fabricación artificial del recurso: instalación de cañones para la producción artificial de la nieve.

Lógicamente, las medidas de adaptación al cambio climático no solo se circunscriben al ámbito empresarial. El carácter complejo del turismo y la importancia que presenta la componente territorial en el desarrollo de la actividad hacen que la ordenación y la planificación territorial se conviertan en herramientas clave para mejorar la calidad y competitividad de los espacios turísticos y favorecer la adaptación al cambio climático. De este modo, en España, los previsibles impactos directos e indirectos de tipo medioambiental han planteado la necesidad de considerar el cambio climático, al menos, en tres grandes ámbitos de la ordenación y planificación del territorio con implicaciones destacadas en el turismo en general, y en el turismo de nieve que se desarrolla en la montaña en particular: el relativo a la gestión de los recursos (en especial agua, energía y biodiversidad), el referente a la gestión del riesgo de catástrofes y, por último, el concerniente al diseño urbano y arquitectónico (Gómez Martín, 2017).

15.7.1.4. Limitaciones y lecciones aprendidas

Algunas de las medidas de adaptación implementadas por las estaciones han sido objeto de polémica por el potencial impacto ambiental asociado, por ejemplo, con el uso de cañones de nieve, siendo señaladas a menudo como ejemplos de mala adaptación por su contribución al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero. La fuerte apuesta de los complejos de la nieve por la tecnología para la producción del recurso turístico y la intensificación de la actividad mediante la ampliación de pistas o la ampliación de horarios tienen como contrapartida el elevado consumo de energía y agua y la intensificación de las emisiones de GEI. Por ello cada vez más los complejos de la nieve implementan estrategias de mitigación del cambio climático que tienen que ver fundamentalmente con el uso de menos energía y recursos, la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones y equipamientos, y la apuesta por las energías renovables (Gómez *et ál.,* 2017). Las ecoetiquetas y certificados medioambientales (como el Programa EMAS-Eco-Management and Audit Scheme de la Unión Europea, la Etiqueta ecológica europea Ecolabel, el distintivo de Garantía de Calidad

Ambiental de Cataluña o el Certificado Biosphere Destination de turismo responsable) van siendo incorporados, cada vez más en las estaciones, como herramientas eficaces en la toma de decisiones para la protección del medioambiente y la lucha contra el cambio climático.

Cabe señalar que, desde el ámbito local, las iniciativas relacionadas con el desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático son múltiples (Agendas Locales 21, Carta de Aalborg, Red de Ciudades y Pueblos para la Sostenibilidad o Pacto de Alcaldes por la Energía y el Clima) y, aunque lentamente en comparación con los espacios de sol y playa, los municipios de alta montaña relacionados con la nieve se adhieren a ellas.

15.7.2. Turismo de naturaleza en las islas Galápagos, Ecuador

15.7.2.1. Resumen

Las islas Galápagos, conocidas mundialmente por sus especies endémicas y por su contribución a la teoría de la evolución, se han convertido en uno los destinos preferidos para turistas interesados en la naturaleza. Sin embargo, la riqueza en biodiversidad y los endemismos de las islas Galápagos son altamente sensibles a los cambios climáticos, en especial, al calentamiento de los océanos, que genera una disrupción en la cadena trófica y afecta a ecosistemas marinos y terrestres. Potencialmente, los daños producidos por el cambio climático en los sistemas ambientales de las islas traerían consecuencias al turismo y la economía local. Desafortunadamente, en Galápagos no se han tomado medidas de adaptación al cambio climático en ningún sector de la economía, y se hace urgente generar una planificación y acciones, especialmente en la articulación de medidas de conservación y de adaptación al cambio climático, para conservar este lugar carismático de Iberoamérica.

15.7.2.2. Introducción

Galápagos es ampliamente conocido como el laboratorio natural para el estudio de la evolución, pero también es un sistema clave para estudiar la vulnerabilidad de los sistemas socioambientales a las amenazas exógenas, incluyendo el cambio climático (Walsh y Mena, 2016). La necesidad de adaptación de la población, y de la economía en crecimiento de Galápagos, es doble: por un lado, la población debe adaptarse a una vida dentro de un ecosistema muy frágil y, por otro lado, adaptarse a los procesos climáticos de corto y largo plazo, que en Galápagos son muy específicos y pueden tener consecuencias drásticas en el sistema socioambiental (Quiroga *et ál.,* 2011). Muchas veces, estos dos tipos de adaptación pueden ser incompatibles (Grenier, 2007b; Ospina, 2006), pero también pueden generarse situaciones donde todos salgan beneficiados.

Actualmente, el turismo y todos los bienes y servicios relacionados con él constituyen el principal motor económico de las islas Galápagos. El turismo en Galápagos ha venido creciendo de manera sostenida desde 1980, desde 12.000 visitantes en 1980 hasta 242.000 en el 2017 (SPNG, 2018). Este crecimiento del turismo es el principal impulsor del incremento de la población debido a la inmigración, que a su vez aumentó la necesidad de recursos como la energía, los productos agrícolas y los bienes industrializados (Cuvi y Guijarro, 2016). Actualmente, los ingresos del turismo representan el 77 % de la economía de Galápagos (Epler, 2007), y se estima que suman un total de 65 millones de dólares anuales, de los cuales solo una fracción se queda en la población local (Taylor *et ál.,* 2009). El sector emplea actualmente al 40 % de los residentes de Galápagos (Kerr *et ál.,* 2004; Pizzitutti *et ál.,* 2014; Pizzitutti *et ál.,* 2017), con un 50 % en Santa Cruz y un 37,5 % en San Cristóbal, según las encuestas a los hogares.

15.7.2.3. Descripción del caso

Las características climáticas y oceanográficas específicas de las islas Galápagos y los impactos directos e indirectos del cambio climático están muy relacionados con los cambios temporales y de intensidad del ENSO (Gergis y Fowler, 2009) y, en general, con el calentamiento del océano Pacífico (Sachs y Ladd, 2010), que disminuyen el flujo de nutrientes que, a través de la cadena trófica, afectarían a especies claves del ecosistema. En algunos casos, estas condiciones perjudiciales podrían provocar la desaparición de especies emblemáticas para el turismo, como son los cormoranes, pingüinos, piqueros y lobos marinos, entre otros (Banks *et ál.,* 2011; Salazar y Denkinger, 2010). Una disminución sustancial en el número de turistas o en los ingresos relacionados con el turismo afectará negativamente a este sector, así como a la sociedad y economía de Galápagos en general (Walsh y Mena, 2012), ya que cada uno de ellos depende en gran medida del éxito del turismo.

Quiroga *et ál.* (2011), en una encuesta a turistas extranjeros que arriban a Galápagos (n = 100), compilan diferentes percepciones acerca de la importancia de actividades específicas, así como de especies relevantes para los turistas, y analizan cómo estas podrían estar afectadas por el cambio climático. La **Tabla 15.5** es un resumen de los efectos del cambio climático sobre las especies emblemáticas, según lo reportado por Palacios *et ál.* (2011) y Banks *et ál.* (2011). Las especies han sido ordenadas de acuerdo con la popularidad entre los turistas, comenzando con las más populares en la parte superior. Las entrevistas a turistas revelaron que el 96 % de los visitantes consideraron que la observación de la vida silvestre es especialmente importante para su decisión de visitar las Galápagos, lo que implica que efectos adversos en la fauna silvestre afectarían negativamente al turismo.

Uno de los factores fundamentales de la adaptación al cambio climático en Galápagos es la capacidad de adapta-

Tabla 15.5. Posibles efectos del cambio climático en especies claves en las islas Galápagos. Fuente: Quiroga *et ál.,* 2011.

Especies	Efectos potenciales del CC
Tortuga terrestre	Aumenta la amenaza de especies invasoras: hormigas de fuego, ratas, gatos; cambios en la proporción de sexos, aumento del crecimiento de la vegetación (fuente de alimento)
Tortuga marina	Aumenta la amenaza de invasores, cambios en las fuentes de alimento (algas), cambios en la proporción de sexos, disminución de los individuos que anidan
Iguana marina	Aumento de invasores, disminución de la fuente de alimentos, colapso de la población
Iguana terrestre	Mayor crecimiento de la vegetación (fuente de alimentos), predadores invasores
Lobo marino	Disminución de fuentes de alimentación, disminución de la población
Pingüino de Galápagos	Disminución de fuentes de alimentación, disminución de la población, incremento de enfermedades infecciosas
Cormorán no volador	Disminución de fuentes de alimentación, disminución de la población, incremento de enfermedades infecciosas
Otras aves marinas	Disminución de la fuente de alimentos, aumento de los vectores transmisores de enfermedades
Aves terrestres	Aumento de predadores invasores, parásitos. Sin embargo, aumento de la abundancia de fuentes de alimento

ción de los organismos de conservación de la naturaleza, industria del turismo y de las familias que se dedican a esta actividad. Existe cierto grado de diversificación en el sector turístico, lo que permitirá la transferencia de competencias en caso de cambio climático u otras perturbaciones exógenas (Quiroga *et ál.,* 2011). Ya existen esfuerzos de adaptación nuevos, como la inclusión de un capítulo de cambio climático y medidas específicas de adaptación basadas en ecosistemas dentro del nuevo Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos del 2020. Además, la gestión de un ambicioso proyecto para el Fondo Verde del Clima, liderado por el Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Agricultura del Ecuador, enlazará la adaptación del nexo biodiversidad, seguridad alimentaria, agua y turismo. Por otro lado, muchas veces esfuerzos de conservación han tratado de desincentivar actividades pesqueras, agrícolas y ganaderas para concentrarlas en el turismo. Esto puede verse como una barrera que no permite la generación de medios de vida alternativos para la población y que disminuiría la resiliencia frente al cambio climático. El desafío para las autoridades, los conservacionistas y las comunidades es crear enfoques en los que todos salgan beneficiados y que favorezcan la conservación, pero también hagan valer la resiliencia de las comunidades humanas.

15.7.2.4. Limitaciones y lecciones identificadas

Las islas Galápagos son probablemente el archipiélago mejor reservado del mundo, ya que tiene una larga historia de conservación. Sin embargo, las medidas de conservación no siempre son compatibles con las medidas de adaptación o mitigación. Por ejemplo, todos los esfuerzos por fundamentar la economía en la industria del turismo hacen que otros modos de vida se vuelvan altamente vulnerables (Gardener y Grenier, 2011; Grenier, 2007a), como por ejemplo, los sectores agrícola y pesquero. Entre las principales lecciones que nos ilustra este caso están las siguientes: (a) la visión de que áreas protegidas o parques nacionales que tradicionalmente son sujetos de conservación a diferentes niveles sea más amplia que limitar las actividades extractivas para generar real adaptación al cambio climático, y (b) el impacto del cambio climático en especies carismáticas, que son verdaderos imanes para el turismo, puede traer consecuencias severas a la economía de las poblaciones y empresas que dependen de este sector. En la **Tabla 15.6** se detallan algunas de las recomendaciones de gestión para Galápagos frente al cambio climático.

15.8. Principales lagunas y necesidades futuras

En general, las barreras y los límites de adaptación al cambio climático están relacionados con instituciones, organizaciones y comunidades que se resisten al cambio y que desaceleran los procesos adaptativos (Barnett *et ál.,* 2015). A su vez, para el sector del turismo, esta resistencia se produce por los costos de adaptación (Kaján *et ál.,* 2015) y la falta de entendimiento de la magnitud del problema dentro de la industria (Kaenzig *et ál.,* 2016).

Como se ilustra en este capítulo, existen diferencias significativas, en términos de avance en los procesos de adaptación, a través de los países de Iberoamérica, pero podemos concluir que, para una efectiva respuesta al cambio climático, gobiernos, industrias y comunidad, así como academia y grupos sociales relacionados con el turismo deben trabajar en conjunto para superar los siguientes problemas:

(a) Falta de conocimiento por parte de la industria del turismo acerca de las amenazas del cambio climático (Barnett *et ál.,* 2015; García *et ál.,* 2018; Gómez Martín *et ál.,* 2017; Hall *et ál.,* 2015; López-Fletes *et ál.,* 2015).

Tabla 15.6. Recomendaciones generales de gestión para Galápagos frente al cambio climático. Fuente: adaptado de Quiroga *et ál.,* 2011.

Incrementar la resiliencia general	• Más educación, mejor calidad, conocimiento más generalizado y habilidades especializadas. • Promover y permitir la diversidad de actividades. • Mejorar los servicios básicos tanto para la población local como para los turistas • Mejorar los vínculos con otros sectores, como el pesquero. • Transparencia y confianza; mejorar el sistema local de gestión participativa. • Generar instituciones más flexibles en cuanto a los requisitos que deben cumplir para acceder al sector turístico. • Mejorar las organizaciones sociales proporcionando oportunidades no solo de asistencia técnica. • Distribuir los costos y beneficios de la adaptación: evitar el turismo masivo, utilizar las tarifas de los parques para mantener un sistema de adaptación.
Adaptar las respuestas al tipo más generalizado de turistas de naturaleza	• Disminuir las especies invasoras del continente mediante el fortalecimiento del sistema de inspección y cuarentena. • Mejorar la gestión, el tratamiento y la eliminación de residuos (hoteles, restaurantes, barcos, etc.). • Reducir los impactos humanos siempre que sea posible, de acuerdo con las necesidades de conservación. • Mejor información a los turistas sobre su efecto en las islas, reducir el efecto de la burbuja ecoturística. • Disminuir la vulnerabilidad de las especies emblemáticas aumentando la resiliencia de los ecosistemas de los que dependen. • Control de la contaminación, aguas residuales. • Zonas de no pesca. • Control de vectores. • Algunas especies, como albatros, tortugas marinas y tiburones, necesitan trabajar a nivel regional, por ejemplo, en paisajes marinos. • Sellos verdes, mejores prácticas. • Mejor educación sobre la importancia de las especies endémicas para el turista. • Mejorar el conocimiento de las guías frente al cambio climático.

(b) Escasa planificación a largo plazo (Dittrich *et ál.,* 2016; Mullan *et ál.,* 2015; Olcina Cantos y Vera-Rebollo, 2016b).

(c) Escasa investigación de los potenciales efectos del cambio climático en destinos turísticos específicos (Pecl *et ál.,* 2017; Urban *et ál.,* 2016).

(d) Inadecuada escala temporal de los escenarios climáticos (Moser y Hart, 2015; Weatherdon *et ál.,* 2016).

(e) Falta de estudios económicos acerca del valor del destino y de los costos de adaptación (Bujosa *et ál.,* 2015; Gutiérrez, 2017).

(f) Escasa investigación en torno a sinergismo entre número de turistas, sitios frágiles y cambio climático (Dachary *et ál.,* 2017; Martinez Riquelme, 2017).

(g) Incipiente sistematización e indicadores de éxito de la adaptación (Gössling, 2015).

Una de las principales demandas de negocios, emprendedores, inversionistas y destinos del sector turístico son manuales de manejo del riesgo y de la exposición, así como manuales de buenas prácticas a diferentes escalas espaciales y adaptados para destinos específicos y para riesgos y vulnerabilidades concretos (Becken y Hay, 2007). Por ejemplo, desde el punto de vista financiero, los costos de la adaptación deben ser explícitos en los análisis y frente a nuevas opciones de inversión.

Desde el punto de vista de la política pública, una de las acciones necesarias es la generación de instrumentos adaptados a la realidad de Iberoamérica, que enfaticen su carácter regulatorio, con opciones para capturar oportunidades basadas en el mercado o en la acción. Se sugiere que organismos supranacionales que ya existen y conectan los países de Iberoamérica (como puede ser la RIOCC) se aprovechen también para impulsar la generación de instrumentos de política pública para la adaptación del sector turístico.

15.9. Conclusiones

La industria del turismo se ve afectada por el cambio climático de diversas formas, que impactan el destino turístico y ponen en riesgo tanto a sus habitantes como a los visitantes. Tradicionalmente, los estudios sobre los impactos del cambio climático se han centrado en sectores como la agricultura o los recursos hídricos. Sin embargo, el turismo, a pesar de constituirse como uno de los sectores de mayor crecimiento en Iberoamérica, ha recibido menor atención que otros. En Iberoamérica, existe una notable ausencia de investigación científica acerca de los efectos del cambio climático en la industria del turismo y su efecto multiplicador en la economía de comunidades y familias. Sería necesario, por ejemplo, la generación de datos climáticos a las escalas adecuadas o el análisis de cuáles serían los mecanismos de adaptación más idóneos a distintos niveles (país, destino turístico, etc.).

Desde el punto de vista del desarrollo, los países más pobres de la región y sus comunidades cada vez más ven al turismo como un vehículo para la salida de la pobreza. No está claro

cómo hacer compatibles las políticas climáticas y las de crecimiento turístico. La investigación en este tema es crucial para el futuro de la adaptación en Iberoamérica y el mundo.

La verdad es que las organizaciones, empresas y personas que forman la industria del turismo, así como los destinos turísticos y sus habitantes se beneficiarían de una serie de sinergismos y articulaciones, entre políticas de adaptación endógena del sector y mitigación, de acciones para la conservación de los ecosistemas y de adaptación de los modos de vida al cambio climático, entre academia y sectores sociales, de manera que el turismo se convertiría en un sector líder en los procesos de adaptación en Iberoamérica.

Bibliografía

AEMET, 2015: *Proyecciones Climáticas para el siglo XXI en España,* http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat

Allen, M.R. *et ál.,* 2014: *IPCC fifth assessment synthesis report-climate change 2014 synthesis report.*

Alvarado, R.C., J.M.C. Sanabria y D.V. Torres, 2019: El camino hacia un modelo metodológico para realizar un índice de resiliencia en ciudades costeras (IRCC) del Caribe mexicano ante huracanes e inundaciones. *Contexto. Revista de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León,* 13.

Armendáriz, A.M. y J.C.P. Concha, 2018: Analysis of the factors of economic resilience to natural disasters: the case of Los Cabos, Mexico. *Atlantic Review of Economics: Revista Atlántica de Economía,* 1, 8.

Balmford, A. *et ál.,* 2015: Walk on the wild side: estimating the global magnitude of visits to protected areas. *PLoS biology,* 13, e1002074.

Banks, S. *et ál.,* 2011: A Review of Galápagos Marine hábitats and Ecological Processes under Climate Change Scenarios. *Climate Change Vulnerability Assessment of the Galápagos Islands* [Larrea, I. y G. Di Carlo (eds.)], WWF and Conservation International.

Barnett, J. *et ál.,* 2015: From barriers to limits to climate change adaptation path dependency and the speed of change. *Ecology and Society,* 20.

Barrantes, G., 2000: *Aplicación de incentivos a la conservación de la biodiversidad en Costa Rica.* Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS), Costa Rica, 28 pp. Documento web consultado en diciembre de 2019, http://www.fbs.go.cr/sites/default/files/biblioteca/biodiversidad_psa_estudio_caso_cr.pdf

Becken, S. y J.E. Hay, 2007: *Tourism and Climate Change: Risks and Opportunities. Multilingual Matters.*

Belle, N. y B. Bramwell, 2005: Climate change and small island tourism: policy maker and industry perspectives in Barbados. *Journal of Travel Research,* 44, 32-41.

Beltramino, A.A., R.E. Vogler, D.E.G. Gregoric y A. Rumi, 2015: Impact of climate change on the distribution of a giant land snail from South America: predicting future trends for setting conservation priorities on native malacofauna. *Climatic Change,* 131, 621-633.

Benavides-Varela, C., J. Samper-Villarreal y J. Cortés, 2016: Cambios en la cobertura de manglares en Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica (1945-2010). *Revista de Biología Tropical,* 64.

Bernal, M.D. *et ál.,* 2017: Temas Compartidos en Madre de Dios, Perú: Áreas Protegidas, Infraestructura, Economías extractivas y Cambio Climático. *Biodiversidad Amazónica,* 5.

Bertelsmeier, C., G.M. Luque, B.D. Hoffmann y F. Courchamp, 2015: Worldwide ant invasions under climate change. *Biodiversity and conservation,* 24, 117-128.

Betzold, C., 2015: Adapting to climate change in small island developing states. *Climatic Change,* 133, 481-489.

Bigano, A., A. Goria, J. Hamilton y R.J. Tol, 2005: The Effect of Climate Change and Extreme Weather Events on Tourism, FEEM Working Paper No. 30.05; CMCC Research Paper No. 01.

Boley, B.B. y G.T. Green, 2016a: Ecotourism and natural resource conservation: the 'potential' for a sustainable symbiotic relationship. *Journal of Ecotourism,* 15, 36-50.

Boley, B.B. y G.T. Green, 2016b: Ecotourism and natural resource conservation: The 'potential'for a sustainable symbiotic relationship. *Journal of Ecotourism,* 15, 36-50.

Brandt, J.S. y R.C. Buckley, 2018: A global systematic review of empirical evidence of ecotourism impacts on forests in biodiversity hotspots. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 32, 112-118.

Bujosa, A., A. Riera y C.M. Torres, 2015: Valuing tourism demand attributes to guide climate change adaptation measures efficiently: The case of the Spanish domestic travel market. *Tourism Management,* 47, 233-239.

Burgos Doria, R., 2016: El turismo comunitario como iniciativa de desarrollo local: Caso localidades de Ciudad Bolívar y Usme zona rural de Bogotá. *Hallazgos*, 13, 193-214.

Büscher, B. y R. Fletcher, 2017: Destructive creation: capital accumulation and the structural violence of tourism. *Journal of Sustainable Tourism,* 25, 651-667.

Cáceres, B., 2016: Dramatical reduction of Cotopaxi Glaciers during the last volcano awakening 2015-2016. *AGU Fall Meeting Abstracts.*

Calderón, Á., 2015: *Análisis de la cadena del turismo.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL, Quito-Ecuador.

Campos, M.V., N. Scott y N. Breakey, 2014: Ecotourism: a new challenge for protected rainforest areas in Chile. *Rainforest Tourism, Conservation and Management: Challenges for Sustainable Development. London and New York: Earthscan/Routledge,* 134-145.

Cáncer Pomar, L. y F. Pérez Cabello, 2001: El impacto ambiental de las pistas de esquí en los dominios supraforestales: cambios en los paisajes rurales altimontanos. *Eria,* 299-307.

Cater, E., 1995: Environmental contradictions in sustainable tourism. The *Geographical Journal,* 161(1), 21-28.

CEPAL, 2018: *Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: metodologías y herramientas para la evaluación de impactos de la inundación y la erosión por efecto del cambio climático.* CEPAL.

Cerdá, E. *et ál.,* 2017: *Valoración económica de los efectos del cambio climático en España en el sector de recursos hídricos.*

Chávez, E.S. y J.A.L.O. Osorio, 2006: Turismo y sustentabilidad: de la teoría a la práctica en Cuba. *Cuadernos de turismo,* 201-221.

Chávez, E.S., E.S. Chávez y L. M. i Cerdan, 2019: El Turismo en Cuba: Desarrollo, Retos y Perspectivas/Tourism in Cuba: Development, Challenges, Perspectives. *ROSA DOS VENTOS-Turismo e Hospitalidade,* 11.

Cisneros-Palacios, J.G., C. Baixauli-Pérez, R.P. Samaniego-García, A.M. Bautista-Segovia y B. Amador-Rodríguez, 2018: El turismo comunitario, un modelo de economía popular y solidaria como solución al desempleo rural en Ecuador. *TURYDES Revista Turismo y Desarrollo local sostenible.*

Connell, J., 2015: Vulnerable Islands: climate change, tectonic change, and changing livelihoods in the Western Pacific. *The Contemporary Pacific,* 27, 1-36.

Corbari, S.D., M. Bahl y S.d.R. de Souza, 2017: Legislação Indigenista e Perspectivas para o Turismo em Terras Indígenas no Brasil. *Revista Turismo em Análise,* 28, 53-70.

Corporación Ambiental Empresarial & Ecología, 2016: *Plan Integral de Gestión de Cambio Climático Territorial del Magdalena 2040.*

Cramer, W. *et ál.,* 2018: Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change,* 1.

Crespi Vallbona, M. y M. Domínguez Pérez, 2016: Los mercados de abastos y las ciudades turísticas. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural,* 14.

Cruz, J.A.L. y A.S. Arencibia, 2016: La apreciación de los peligros de desastres en Cuba: tarea de toda la sociedad. *Entorno geográfico,* 4, 89-105.

Cuvi, N. y D. Guijarro, 2016: ¿Una trayectoria hacia la insustentabilidad? La movilidad terrestre en la isla Santa Cruz, Galápagos. *Revista Transporte y Territorio,* 216-240.

Dachary, A.A.C., L.A.A. Rodríguez y F. J. R. Hermoso, 2017: El Turismo y la Sustentabilidad Real. *Anais Brasileiros de Estudos Turísticos-ABET,* 7, 8-19.

De la Torre, M.I., 2016: Turismo y violencia. Los nuevos imaginarios del miedo. *Opción,* 32, 203-227.

De Moraes Lima, L.B.B., 2013: Impactos del turismo de sol y playa en el litoral sur de Sergipe, Brasil. *Estudios y perspectivas en turismo,* 22, 526-545.

De Oliveira, A.S. *et ál.,* 2019: Economic losses to sustainable timber production by fire in the Brazilian Amazon. *The Geographical Journal,* 185, 55-67.

Devine, J., 2014: Counterinsurgency ecotourism in Guatemala's Maya biosphere reserve. *Environment and Planning D: Society and Space,* 32, 984-1001.

Diaz-Christiansen, S., T. López-Guzmán y J.C. Pérez-Gálvez, 2016: Motivations and valued attributes of Ecotourism in a natural protected area: Santay Island (Ecuador). *Mediterranean Journal of Social Sciences,* 7, 240.

Díaz Arellano, P., E. Jaque Castillo y C.G. Ojeda, 2018: Presión hídrica en ambientes lacustres de alta montaña: entre el cambio climático y el desarrollo energético. Laguna del Laja, Chile. *Diálogo Andino,* 143-158.

Dittrich, R., A. Wreford y D. Moran, 2016: A survey of decisionmaking approaches for climate change adaptation: Are robust methods the way forward? *Ecological Economics,* 122, 79-89.

Drenkhan, F., 2016: En la sombra del Cambio Global: hacia una gestión integrada y adaptativa de recursos hídricos en los Andes del Perú. *Espacio y desarrollo,* 25-51.

Duchelle, A.E. *et ál.,* 2014: Linking forest tenure reform, environmental compliance, and incentives: lessons from REDD+ initiatives in the Brazilian Amazon. *World Development,* 55, 53-67.

Enríquez Pérez, D., L. Zizumbo Villarreal y N. Monterroso Salvatierra, 2017: El turismo rural como factor de acumulación en la comunidad indígena de San Pedro Atlapulco. Estado de Mexico. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural,* 15.

Epler, B., 2007: Tourism, the economy, population growth, and conservation in Galapagos. *Charles Darwin Foundation.*

Erfurt-Cooper, P., 2014: *Volcanic tourist destinations.* Springer Science & Business Media.

Escobedo, D.N., 2015: Sustentabilidad, Calentamiento Global y Turismo en grandes Metrópolis. *CULCyT.*

Fearnside, P.M., 2015: Environment: Deforestation soars in the Amazon. *Nature,* 521, 423.

Fennell, D.A., 2014: *Ecotourism.* Routledge.

Fernández, G. y A.G. Ramos, 2010: El patrimonio cultural como oferta complementaria al turismo de sol y playa. El caso del sudeste bonaerense. Argentina. *COMITÉ EDITORIAL DIRECTOR: Agustín Santana Talavera,* 8, 139.

Fernández, L.D., V.M. Sarría, J.P. Rodríguez y M. R. Camejo, 2015: Presencia de la familia culicidae en el enclave turístico de Santa Lucía, Camagüey y su relación con enfermedades de importancia médico-veterinaria. *Archivo Médico de Camagüey,* 9.

Fraguell, R., M.B. Gómez, J.C. Llurdés, C. Martí, A. Ribas y D. Saurí, 2016: Turisme. *Tercer Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya* [Martín Vide, J. (ed.)]. Generalitat de Catalunya - Institut d'Estudis Catalans.

Francou, B., P. Ribstein, P. Wagnon, E. Ramirez y B. Pouyaud, 2005: Glaciers of the Tropical Andes: Indicators of Global Climate Variability. *Global Change and Mountain Regions,* 197-204.

Friess, D.A., 2017: Ecotourism as a tool for mangrove conservation. *Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education,* 1, 24-35.

Gabarda Mallorquí, A., A. Ribas Palom y J. Daunis-i-Estadella, 2015: *Desarrollo turístico y gestión eficiente del agua. Una oportunidad para el turismo sostenible en la Costa Brava (Girona).*

Galán, B.P. y N. Fuller, 2015: Turismo rural comunitario, género y desarrollo en comunidades campesinas e indígenas del sur del Perú. *Quaderns de l'Institut Català d'Antropologia,* 95-119.

Galvão, V., A.R. Saad y J.C. Stevaux, 2017: Análisis geoambiental aplicado al uso turístico en ambientes fluviales: Análisis de los parámetros ambientales y turísticos. *Estudios y perspectivas en turismo,* 26, 209-230.

García, M.O., A.V.V. Arias, R.d.C.S. Barquín, M.M.M. Ontiveros y O.A.S. Ortega, 2018: La Percepción de los Impactos del Turismo en la Comunidad de Ixtapa-Zihuatanejo, México, desde el Modelo de Mapas Causales/The Perception of Impacts of Tourism in the Ixtapa-Zihuatanejo Community, Mexico, from the Causal Maps Model. *ROSA DOS VENTOS-Turismo e Hospitalidade,* 10.

Gardener, M.R. y C. Grenier, 2011: Linking livelihoods and conservation: challenges facing the Galápagos Islands. *Island futures,* Springer, 73-85.

Garín, A.L. y M.C.C. Torres, 2017: Hacia la seguridad alimentaria en contextos de cambio climático en clave de gobernanza global. *Ars Boni et Aequi,* 13, 11-42.

Gascón, J., 2016a: Residential tourism and depeasantisation in the Ecuadorian Andes. *The Journal of Peasant Studies,* 43, 868-885.

Gascón, J., 2016b: Turismo residencial y crisis de la agricultura campesina. Los casos de Vilcabamba y Cotacachi (Andes ecuatorianos). *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural,* 14.

Gasper, R., A. Blohm y M. Ruth, 2011: Social and economic impacts of climate change on the urban environment. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 3, 150-157.

Gavito, M.E. *et ál.,* 2015: La vulnerabilidad del socioecosistema de bosque tropical seco de Chamela, Jalisco, al cambio global: un análisis de sus componentes ecológicos y sociales. *Investigación ambiental Ciencia y política pública,* 6.

Gergis, J. L. y A.M. Fowler, 2009: A history of ENSO events since AD 1525: implications for future climate change. *Climatic Change,* 92, 343-387.

Gil, V., M.B. Ramos, C.A. Rodriguez, J. Gentili, A. Tanana, J. González Casey y A. Campo, 2015: Ocurrencia de eventos climáticos extremos y gestión de destinos turísticos de la costa de la provincia de Buenos Aires. *Actas Congreso Internacional de Geografía-Semana de Geografía.*

Gobierno de Chile, 2016: *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022.* Ministerio del Ambiente de Chile.

Gomez-Royuela, M., 2016: *Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector turístico.* Universidad Católica San Antonio de Murcia.

Gómez Martín, M.B., 2005: Weather, climate and tourism: a geographical perspective. *Annals of Tourism Research,* 32(3), 571-591.

Gómez Martín, M., 2017: Retos del turismo español ante el cambio climático. *Investigaciones geográficas,* 31-47.

Gómez Martín, M. B., X.A. Armesto-López y E. Martínez-Ibarra, 2014: The Spanish tourist sector facing extreme climate events: a case study of domestic tourism in the heat wave of 2003. *International Journal of Biometeorology,* 58(5), 781-797.

Gómez Martín, M. B., X.A. Armesto López y M. Cors Iglesias, 2017: Percepción del cambio climático y respuestas locales de adaptación: el caso del turismo rural. *Cuadernos de Turismo,* 39, 287-310.

Gómez, P.C., I.F. Ulloa y C.B. Sucerquia, 2015: Turismo Médico: Mecanismo para aumentar la fuente de divisas en Ecuador/Medical Tourism: The mechanism to increase the foreign exchange earnings in Ecuador. *Retos Turísticos,* 14.

Gössling, S., 2015: New performance indicators for water management in tourism. *Tourism Management,* 46, 233-244.

Gössling, S. y P. Peeters, 2015: Assessing tourism's global environmental impact 1900-2050. *Journal of Sustainable Tourism,* 23, 639-659.

Grenier, C., 2007a: *Conservación contra natura: las islas Galápagos.* Editorial Abya Yala.

Grenier, C., 2007b: *Conservación contra natura. Las islas Galápagos,* vol. 233, Editorial Abya Yala.

Gutiérrez, M.S., 2017: Una mirada a la problemática del financiamiento climático en Cuba: entre retos y oportunidades. An approach to the financial climate in Cuba: challenges and opportunities. *Revista Cubana de Economía Internacional,* 2, 135-161.

Hall, A. y M. Day, 2014: Ecotourism in the state forest karst of Puerto Rico. *Journal of Cave and Karst Studies,* 76, 30.

Hall, C. *et ál.,* 2015: On climate change skepticism and denial in tourism. *Journal of Sustainable Tourism,* 23, 4-25.

Hall, C.M., 2006: Tourism urbanisation and global environmental change. *Tourism and global environmental change,* Routledge, 156-170.

Harrison, S., N. Glasser, V. Winchester, E. Haresign, C. Warren y K. Jansson, 2006: A glacial lake outburst flood associated with recent mountain glacier retreat, Patagonian Andes. *Holocene,* 16(4), 611-620.

Hernández-Ramírez, J., 2015: Turismo de Base Local en la globalización. *Revista Andaluza de Antropología,* 1-18.

Higham, J., S.A. Cohen, C.T. Cavaliere, A. Reis y W. Finkler, 2016: Climate change, tourist air travel and radical emissions reduction. *Journal of Cleaner Production,* 111, 336-347.

Hill, M.D. y C. Fernández-Salvador, 2017: When cultural and natural patrimony collide: Sovereignty, state power, and political strategy among the picapedreros (stonemasons) of San Pablo, Ecuador. *The Journal of Latin American and Caribbean Anthropology,* 22, 116-136.

Holland, M.B., F. De Koning, M. Morales, L. Naughton-Treves, B.E. Robinson y L. Suárez, 2014: Complex tenure and deforestation: implications for conservation incentives in the Ecuadorian Amazon. *World Development,* 55, 21-36.

Hoogendoorn, G. y J.M. Fitchett, 2016: Tourism and climate change: a review of threats and adaptation strategies for Africa. *Current Issues in Tourism,* 1-18.

Hoogendoorn, G. y J.M. Fitchett, 2018: Tourism and climate change: A review of threats and adaptation strategies for Africa. *Current Issues in Tourism,* 21, 742-759.

Hunt, C.A., W.H. Durham, L. Driscoll y M. Honey, 2015: Can ecotourism deliver real economic, social, and environmental benefits? A study of the Osa Peninsula, Costa Rica. *Journal of Sustainable Tourism,* 23, 339-357.

INEGI, 2017: *Cuenta Satélite del Turismo de México.* Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Infante, M.A.H., V.V. Solís y Á.G.P. Aponte, 2019: Expresión territorial de la resiliencia turística ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos en Los Cabos-Baja California Sur, México. *Estudios y perspectivas en turismo,* 28, 486-506.

Jantz, S. M. *et ál.,* 2015: Future habitat loss and extinctions driven by land-use change in biodiversity hotspots under four scenarios of climate-change mitigation. *Conservation Biology,* 4, 1122-1131.

Jomelli, V. *et ál.,* 2011: Irregular tropical glacier retreat over the Holocene epoch driven by progressive warming. *Nature,* 474, 196.

Jones, A.L. y M.R. Phillips, 2009: *Disappearing destinations: Climate change and future challenges for coastal tourism.* Cabi.

Jones, G. y A. Spadafora, 2017: Creating Ecotourism in Costa Rica, 1970-2000. *Enterprise & Society,* 18, 146-183.

Jopp, R., T. DeLacy y J. Mair, 2010: Developing a framework for regional destination adaptation to climate change. *Current Issues in Tourism,* 13, 591-605.

Kaenzig, R., M. Rebetez y G. Serquet, 2016: Climate change adaptation of the tourism sector in the Bolivian Andes. *Tourism Geographies,* 18, 111-128.

Kaján, E., K. Tervo-Kankare y J. Saarinen, 2015: Cost of adaptation to climate change in tourism: Methodological challenges and trends for future studies in adaptation. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism,* 15, 311-317.

Keenan, R.J., 2015: Climate change impacts and adaptation in forest management: a review. *Annals of Forest Science,* 72, 145-167.

Kerr, J.T. *et ál.,* 2015: Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science,* 349, 177-180.

Kerr, S., S. Cardenas y J. Hendy, 2004: *Migration and the Environment in the Galapagos: An analysis of economic and policy incentives driving migration, potential impacts from migration control, and potential policies to reduce migration pressure.*

Lasanta Martínez, T., 2010: El turismo de nieve como estrategia de desarrollo en el Pirineo aragonés. *Cuadernos de Investigación Geográfica,* 36(2), 145-163.

Lecha, L., L. Pichardo y H. Trujillo, 2009: Evidences of climate change impacts on ecotourism in the Caribbean basin. *Global Environmental Research,* 12, 153-159.

Lecha, L., D. García y E. Carvajal, 2015: ¿Ocurren olas de calor en Cuba? *Rev. Espacio Geogr.,* 18, 517-541.

Lépy, É. *et ál.,* 2014: Multidisciplinary and participatory approach for assessing local vulnerability of tourism industry to climate change. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism,* 14, 41-59.

Lezcano, J.C., 1995: Aspectos esenciales sobre la mitigación de los desastres naturales en Cuba. *Cuba in Transition,* 5, 399-406.

Liberato, M.L., J.G. Pinto, V. Gil, A.M. Ramos y R.M. Trigo, 2017: Exceptional winter storms affecting Western Iberia and extremes: diagnosis, modelling and multi-model ensemble projection. *AGU Fall Meeting Abstracts.*

Lionetti, S. y O. Gonzalez, 2012: On the relationship between tourism and growth in Latin America. *Tourism and Hospitality Research,* 12, 15-24.

Llodrá, M.P. y F.S. Alberti, 2015: El multiplicador turístico: su aplicación a la economía balear. *Papers de turisme,* 15-29.

López, F., M. Cors y M.B. Gómez, 2002: Conflictos y contradicciones en la gestión del patrimonio natural. La promoción de dominios esquiables en espacios naturales protegidos del Pallars Sobirà (Cataluña). *Geografía y territorio. El papel del geógrafo en la escala local, Palma de Mallorca* [Blázquez, M., M. Cors, J.M. González y S.M., (eds.)], Universitat de les Illes Balears.

López, S., C. Wright y P. Costanza, 2017: Environmental change in the equatorial Andes: Linking climate, land use, and land cover transformations. *Remote Sensing Applications: Society and Environment,* 8, 291-303.

López-Fletes, C., R. Chávez-Dagostino, V. Davydova-Belitskaya y J.L. Cornejo-Ortega, 2015: Percepción de la población costera de Jalisco, México, sobre el cambio climático. *Memorias,* 13, 81-91.

Magrin, G., 2015: *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe.* ECLAC.

Mantyka-Pringle, C.S., P. Visconti, M. Di Marco, T.G. Martin, C. Rondinini y J.R. Rhodes, 2015: Climate change modifies risk of global biodiversity loss due to land-cover change. *Biological Conservation,* 187, 103-111.

Manuel-Navarrete, D., 2016: Boundary-work and sustainability in tourism enclaves. *Journal of Sustainable Tourism,* 24, 507-526.

Manuel-Navarrete, D., J.J. Gomez y G. Gallopín, 2007: Syndromes of sustainability of development for assessing the vulnerability of coupled human–environmental systems. The case of hydrometeorological disasters in Central America and the Caribbean. *Global Environmental Change,* 17, 207-217.

Manuel-Navarrete, D., M. Pelling y M. Redclift, 2011: Critical adaptation to hurricanes in the Mexican Caribbean: Development visions, governance structures, and coping strategies. *Global Environmental Change,* 21, 249-258.

Martens, P. y C.T. Chang, 2017*: The social and behavioural aspects of climate change: Linking vulnerability, adaptation and mitigation.* Routledge.

Martínez, E. O., M.E.G. Ávila y M.R.C. Loera, 2018: Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México. *Polis Revista Latinoamericana.*

Martinez, J.L., 2017: Cambio climático: efectos y acciones de cooperación en las pequeñas islas del Caribe/Climate Change: Effects and Cooperation Actions in the Small Islands of the Caribbean. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina,* 5, 48-67.

Martínez Ibarra, E., 2015: Climate, water and tourism: causes and effects of droughts associated with urban development and tourism in Benidorm (Spain). *International Journal of Biometeorology,* 59(5), 487-501.

Martinez Riquelme, P., 2017: El principio de responsabilidad en el contexto del cambio climático global, como marco ético deliberativo para el turismo. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural,* 15(1), 273-284.

McKercher, B., B. Prideaux, C. Cheung y R. Law, 2010: Achieving voluntary reductions in the carbon footprint of tourism and climate change. *Journal of Sustainable Tourism,* 18, 297-317.

Meiser, A. y E. Dürr, 2014: Negotiating new roles and relationships in the jungle: rain forest imaginations and community-based ecotourism in Ecuador. *Tipití: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America,* 12, 151-168.

Mena, C.F., R.E. Bilsborrow y M.E. McClain, 2006: Deforestation in the Napo Basin: Socioeconomic Factors, Spatial Patterns, and Metrics. *Environmental Management,* 37, 802-815.

Mieczkowski, Z., 1985: The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *Canadian Geographer/ LeGéographe Canadien,* 29, 220-233.

Milanés Batista, C., 2015: La experiencia de la región Suroriental de Cuba en el enfrentamiento al cambio climático. *Arquitectura y Urbanismo,* 36, 120-127.

Milano, C., 2016: Antropología, turismo y desarrollo en cuestión: El turismo comunitario a debate. *Quaderns de l'Institut Català d'Antropologia,* 145-166.

Milne, M., H. Clayton, S. Dovers y G.J. Cary, 2014: Evaluating benefits and costs of wildland fires: critical review and future applications. *Environmental Hazards,* 13, 114-132.

Miró Pérez, J.J., J. Olcina Cantos, M.J. Estrela y V. Caselles, 2016: *Confort climático, cambio climático y actividad turística en Alicante.*

Molina, N. y R. Ornelas, 2016: Impacto de la actividad turística sobre la urbanización y los recursos naturales: Caso Puerto Vallarta, Jalisco. *Revista Eltopo,* n.° 6, 120-133.

Molina-Montenegro, M.A., A. Gaxiola, L.A. Cavieres, E. Gianoli, R.A. García y A. Pauchard, 2015: Invasiones biológicas en ambientes extremos: Chile como laboratorio natural. *Revista de invasiones biológicas de América Latina y el Caribe,* 1, 34.

Molina Navarro, J., 2016: *Cambio climático y turismo: la costa de Benidorm.*

Moreno, A. y B. Amelung, 2009: Climate change and tourist comfort on Europe's beaches in summer: A reassessment. *Coastal management,* 37, 550-568.

Moreno, J. M., 2008: Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. *Boletín CF+ S.*

Morote, Á.-F., D. Saurí y M. Hernández, 2017: Residential tourism, swimming pools, and water demand in the Western Mediterranean. *The Professional Geographer,* 69, 1-11.

Moser, S.C. y J.A F. Hart, 2015: The long arm of climate change: societal teleconnections and the future of climate change impacts studies. *Climatic Change,* 129, 13-26.

Mowforth, M. e I. Munt, 2015: *Tourism and sustainability: Development, globalisation and new tourism in the third world.* Routledge.

Muhlfeld, C.C. *et ál.,* 2014: Invasive hybridization in a threatened species is accelerated by climate change. *Nature Climate Change,* 4, 620.

Mullan, M., N. Kingsmill, S. Agrawala y A. Matus Kramer, 2015: National adaptation planning: lessons from OECD countries. *Handbook of Climate Change Adaptation,* 1165-1182.

Mussetta, P. y M.J. Barrientos, 2015: Vulnerabilidad de productores rurales de Mendoza ante el Cambio Ambiental Global: clima, agua, economía y sociedad. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo,* 47, 145-170.

Navas, G. y N. Cuvi, 2015: Análisis de un conflicto socioambiental por agua y turismo en Sardinal, Costa Rica. *Revista de Ciencias Sociales (Cr),* 4.

Nicolas, D.H. y C.I.G. Gómez, 2015: Patrimonio y turismo en centros históricos de ciudades medias ¿Imaginarios encontrados? *URBS: Revista de estudios urbanos y ciencias sociales,* 5, 111-125.

O'Brien, K.L. y R.M. Leichenko, 2000: Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global environmental change,* 10, 221-232.

Oberlack, C. *et ál.,* 2019: Archetype analysis in sustainability research: meanings, motivations, and evidence-based policy making. *Ecology and Society,* 24 (2), 26.

Olcina Cantos, J., 2017: *Políticas de reducción del riesgo de inundaciones y sequías en España.*

Olcina Cantos, J. y J.F. Vera-Rebollo, 2016a: Adaptación del sector turístico al cambio climático en España. La importancia de las acciones a escala local y en empresas turísticas. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid,* 36(2), 321-352.

Olcina Cantos, J. y J. Vera-Rebollo, 2016b: Cambio climático y política turística en España: diagnóstico del litoral mediterráneo español. *Cuadernos de Turismo,* 38, 327-363.

Olcina Cantos, J., C.J. Baños Castiñeira y A.M. Rico Amorós, 2016: Medidas de adaptación al riesgo de sequía en el sector hotelero de Benidorm (Alicante, España). *Revista de geografía Norte Grande,* 65, 129-153.

Olcina, J., D. Saurí y F.V. Rebollo, 2016: *Turismo, Cambio Climático Yagua: Escenarios de Adaptación en la Costa Mediterránea Española.* Libro jubilar en homenaje al profesor Antonio Gil Olcina. Versión ampliada, 171.

Olivera, A. y G. González, 2010: Enfoque multidimensional de la reconstrucción post-desastre de la vivienda social y el hábitat enpaíses en vías de desarrollo: estudios de casos en Cuba. *Revista de la Construcción,* 9, 53-62.

Ospina, P., 2006: *Galápagos, naturaleza y sociedad: actores sociales y conflictos ambientales en las Islas Galápagos,* vol. 55. Corporación Editora Nacional Quito, Ecuador.

Padilha, A.C.M., J.B. Azevedo, M.L. Wittmann, L.T. Docena y P. de Mattos Fagundes, 2015: Turismo rural e recursos hídricos no município de Carazinho (RS): um estudo empírico identificando oportunidades e desafios. *Capa*, 8.

Palacios, D., S. Salazar y H. Vargas, 2011: Galápagos Marine Vertebrates: Responses to Environmental Variability and Potential Impacts of Climate Change. *Climate Change Vulnerability Assessment of the Galápagos Islands,* [Larrea, I. y G. Di Carlo (eds.)]. WWF and Conservation International.

Palomo, I., 2017: Climate change impacts on ecosystem services in high mountain areas: a literature review. *Mountain research and development,* 37, 179-188.

Patterson, T., S. Bastianoni y M. Simpson, 2006: Tourism and Climate Change: Two-Way Street, or Vicious/Virtuous Circle? *Journal of Sustainable Tourism,* 14, 339-348.

Pecl, G.T. *et ál.,* 2017: Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science,* 355, eaai9214.

Pegas, F.d.V. y J.G. Castley, 2014: Ecotourism as a conservation tool and its adoption by private protected areas in Brazil. *Journal of Sustainable Tourism,* 22, 604-625.

Pereiro Pérez, X., 2015: Reflexión antropológica sobre el turismo indígena. *Desacatos,* 18-35.

Pereiro, X., 2016: A review of Indigenous tourism in Latin America: reflections on an anthropological study of Guna tourism (Panama). *Journal of Sustainable Tourism,* 24, 1121-1138.

Pérez Vázquez, A., L. Trinidad, D. Arianna y F.C. Gómez Merino, 2018: Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista mexicana de ciencias agrícolas,* 9, 175-189.

Pizzitutti, F., C.F. Mena y S.J. Walsh, 2014: Modelling tourism in the Galápagos Islands: an agent-based model approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation,* 17, 14.

Pizzitutti, F., S.J. Walsh, R.R. Rindfuss, R. Gunter, D. Quiroga, R. Tippett y C.F. Mena, 2017: Scenario planning for tourism management: a participatory and system dynamics model applied to the Galapagos Islands of Ecuador. *Journal of Sustainable Tourism,* 25, 1117-1137.

Pons, M. *et ál.,* 2014: *Influencia del cambio climático en el turismo de nieve del Pirineo.* Experiencia del proyecto de investigación NIVOPYR.

Pouyaudz, B., 2006: Glaciers of the Tropical Andes: Indicators of Global Climate Variability. *Global Change and Mountain Regions: An Overview of Current Knowledge,* 23, 197.

Quiroga, D., C. Mena, L. Karrer, H. Suzuki, A. Guevara y J.C. Murillo, 2011: Dealing with climate change in the Galapagos: adaptability of the tourism and fishing sectors. *Climate change vulnerability assessment of the Galápagos islands* [Larrea, I. y G. Di Carlo (eds.)] WWF and Conservation International.

Ramos, A.M. y B. Prideaux, 2014: Indigenous ecotourism in the Mayan rainforest of Palenque: empowerment issues in sustainable development. *Journal of Sustainable Tourism,* 22, 461-479.

Redclift, M.R., D. Manuel-Navarrete y M. Pelling, 2011: *Climate change and human security: The challenge to local governance under rapid coastal urbanization.*

Regules, A.F., E.E.V. Martínez y L.J.L. Moreda, 2016: Turismo de golf en México: consideraciones ambientales para su desarrollo. *Revista internacional de economía y gestión de las organizaciones,* 2.

Reyer, C.P., A. Rammig, N. Brouwers y F. Langerwisch, 2015: Forest resilience, tipping points and global change processes. *Journal of Ecology,* 103, 1-4.

Reyes-Aguilar, A.-K., R. del Carmen Serrano-Barquín, C.-A. Pérez-Ramírez y R. Moreno-Barajas, 2017: Turismo rural, mujeres campesinas y conservación ambiental: modelo para el análisis de su empoderamiento en Iberoamérica. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional,* 13.

Reyna-Fabián, M., A. Espinoza, G. Seingier, L. Ortiz-Lozano e I. Espejel, 2018: De la evaluación ecológica a la socio-ecológica: la vulnerabilidad de los arrecifes de coral ante los factores de estrés asociados al cambio climático. *Sociedad y Ambiente,* 59-92.

Rincón Rubio, A.G., I. Vizcarra Bordi, H. Thomé Ortíz y P. Gascón Muro, 2017: Empoderamiento y feminismo comunitario en la conservación del maíz en México. *Revista Estudos Feministas,* 25.

Rodríguez-Piñeros, S. y Y. Mayett-Moreno, 2015: Forest owners' perceptions of ecotourism: Integrating community values and forest conservation. *Ambio,* 44, 99-109.

Rodríguez, C.A., A.B. Tanana y V. Gil, 2016: Gestión turística y eventos meteorológicos extremos en destinos litorales. Buenos Aires, Argentina. *Realidad. Tendencias y Desafíos en Turismo (CONDET),* 14.

Rubio, I., 2017: *Un Destino Incierto. Expansión del Turismo, Daños y Riesgos Ambientales en la Costa de Oaxaca.* Acta Sociológica, 73, 83-122.

Russo, A.P., 2002: The «vicious circle» of tourism development in heritage cities. *Annals of tourism research,* 29, 165-182.

Sachs, J.P. y S.N. Ladd, 2010: Climate and oceanography of the Galapagos in the 21st century: expected changes and research needs. *Galapagos Research,* 67, 50-54.

Salazar, S. y J. Denkinger, 2010: Possible effects of climate change on the populations of Galapagos pinnipeds. *Galapagos Research,* 67, 45-49.

Sánchez, J.N., 2016: El sector de las infraestructuras, gran aliado en la lucha contra el cambio climático. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía,* 103-120.

Sánchez-Noguera, C., C. Jiménez y J. Cortés, 2018: Desarrollo costero y ambientes marino-costeros en Bahía Culebra, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical,* 66, 309-327.

Santos-Lacueva, R., S.A. Clavé y Ò. Saladié, 2017: The Vulnerability of Coastal Tourism Destinations to Climate Change: The Usefulness of Policy Analysis. *Sustainability,* 9, 2062.

Santos-Lacueva, R. y Ò. Saladié, 2016: Acción pública en materia de turismo y cambio climático: las percepciones de los stakeholders en la Riviera Maya (México). *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural,* 14.

Satterthwaite, D., S. Huq, H. Reid, M. Pelling y P. R. Lankao, 2007: *Adapting to Climate Change in Urban Areas: The Possibilities and Constraints in Low-and Middle-Income Nations1.*

Schlüter, R.G., 2015: El turismo en la periferia económica. El caso de América Latina. *Papers de Turisme,* 149-161.

Scott, D., M.C. Simpsonb y R. Sima, 2012a: The vulnerability of Caribbean coastal tourism to scenarios of climate change related sea level rise. *Journal of Sustainable Tourism,* 20, 883-898.

Scott, D., S. Gössling y C.M. Hall, 2012b: International tourism and climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change,* 3, 213-232.

Scott, D. *et ál.,* 2008: *Climate change and tourism: Responding to global challenges.* World Tourism Organization, Madrid, 230, 1-38.

Serra Pardo, J.A., 2016: *La relación clima-turismo: la isla de calor urbano en dos ciudades turísticas.*

Shakeela, A. y S. Becken, 2015: Understanding tourism leaders' perceptions of risks from climate change: an assessment of policymaking processes in the Maldives using the social amplification of risk framework (SARF). *Journal of Sustainable Tourism,* 23, 65-84.

Steiger, R., D. Scott, B. Abegg, M. Pons y C. Aall, 2017: A critical review of climate change risk for ski tourism. *Current Issues in Tourism,* 22(11), 1343-1379.

Steinberg, M., M. Taylor y K. Kinney, 2014: The El Cielo Biosphere Reserve: Forest cover changes and conservation attitudes in an important Neotropical region. *The Professional Geographer,* 66, 403-411.

Stewart, E.J., J. Wilson, S. Espiner, H. Purdie, C. Lemieux y J. Dawson, 2016: Implications of climate change for glacier tourism. *Tourism Geographies,* 18, 377-398.

Tárraga-Granilla, L.V., E. López-Huamanrayme y P. Grajeda, 2017: Turismo y el riesgo de propagación del virus Chikungunya en una provincia del Perú. *Revista Médica Herediana,* 28, 68-69.

Taylor, J.E., J. Hardner y M. Stewart, 2009: Ecotourism and economic growth in the Galapagos: an island economy-wide analysis. *Environment and Development Economics,* 14, 139-162.

Thomé-Ortiz, H., 2015: Turismo agroalimentario y nuevos metabolismos sociales de productos locales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas,* 6, 1373-1386.

Toimil, A., I.J. Losada y P. Díaz-Simal, 2016: Evaluación de riesgos en los sectores turismo y vivienda frente al cambio climático en la costa del Principado de Asturias. *X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio,* Universidad de Alicante. Instituto Interuniversitario de Geografía.

Torres, A.B., 2014: Potential for integrating community-based monitoring into REDD+. *Forests,* 5, 1815-1833.

Toumi, O., J. Le Gallo y J.B. Rejeb, 2017: Assessment of Latin American sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 78, 878-885.

Tranos, E. y S. Davoudi, 2014: The regional impact of climate change on winter tourism in Europe. *Tourism Planning and Development,* 11, 163-178.

Urban, M.C. *et ál.,* 2016: Improving the forecast for biodiversity under climate change. **Science,** 353, aad8466.

Valenzuela Robles, M. E., 2015: La estrategia de marca-ciudad en la función de turismo. *El periplo sustentable,* 28.

Van Lierop, P., E. Lindquist, S. Sathyapala y G. Franceschini, 2015: Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. *Forest Ecology and Management,* 352, 78-88.

Van Tussenbroek, B.I. *et ál.,* 2017: Severe impacts of Brown tides caused by Sargassum spp. on near-shore Caribbean seagrass communities. *Marine pollution bulletin,* 122, 272-281.

Veettil, B.K., É.L.B. Maier, U.F. Bremer y S.F. de Souza, 2014: Combined influence of PDO and ENSO on northern Andean glaciers: a case study on the Cotopaxi ice-covered volcano, Ecuador. *Climate dynamics,* 43, 3439-3448.

Vera, A., A. Badia y A.F. Tulla, 2011: Desenvolvimento local nos Pirenéus catalães: Impulso económico e uso sustentável do território. *Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia, 92,* 5-23.

Vergara, W. *et ál.,* 2007: Economic impacts of rapid glacier retreat in the Andes. *Eos, Transactions American Geophysical Union,* 88, 261-264.

Vergés, A. *et ál.,* 2014: The tropicalization of temperate marine ecosystems: climate-mediated changes in herbivory and community phase shifts. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences,* 281, 20140846.

Vila, J., I. Oliveira, Y. Zboromyrska y J. Gascon, 2016: Diarrea del viajero. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica,* 34, 579-584.

Vuille, M., B. Francou, P. Wagnon, I. Juen, G. Kaser, B.G. Mark y R.S. Bradley, 2008: Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-science reviews,* 89, 79-96.

Walsh, S.J. y C.F. Mena, 2012: *Science and conservation in the Galapagos Islands: frameworks & perspectives,* vol. 1 Springer Science & Business Media.

Walsh, 2016: Interactions of social, terrestrial, and marine sub-systems in the Galapagos Islands, Ecuador. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 113, 14536-14543.

Weatherdon, L.V., A.K. Magnan, A.D. Rogers, U.R. Sumaila y W.W. Cheung, 2016: Observed and projected impacts of climate change on marine fisheries, aquaculture, coastal tourism, and human health: an update. *Frontiers in Marine Science,* 3, 48.

Welling, J.T., P. Árnason y R. Ólafsdottír, 2015: Glacier tourism: a scoping review. *Tourism Geographies,* 17, 635-662.

World Tourism Organization, 2019: *Panorama del Turismo Internacional. Edición 2019.* UNWTO, Madrid.

World Travel & Tourism Council, 2017a: *Economic Impact 2017 España.* WTTC.

World Travel & Tourism Council, 2017b: *Economic Impact 2017 Portugal.* WTTC.

World Travel & Tourism Council, 2017c: *Economic Impact 2017 Latin America.* WTTC.

WTO, 2013: *Proceedings of the 1st International Conference on Climate Change and Tourism,* 55 pp.

Zentella, J., 2014: *Guía Local de Acciones de Alto Impacto en Materia de Mitigación y de Adaptación al Cambio Climático en Destinos Turísticos Mexicanos.* Secretaría de Turismo.

16

Salud humana

Ana Rosa Moreno Sánchez (México), Marilyn Aparicio Effen (Bolivia), Julio Díaz Jiménez (España), Edgar González-Gaudiano (México), José María Ordóñez Iriarte (España) y M. Cristina Tirado von der Pahlen (EE. UU./España).

Se recomienda citar este texto como:

Moreno, A.R., M. Aparicio Effen, J. Díaz Jiménez, E. González-Gaudiano, J.M. Ordóñez Iriarte y M.C. Tirado von der Pahlen, 2020: Salud. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 651-697, ISBN: 9788448621643).

CONTENIDO

Resumen ejecutivo **654**

16.1. Introducción **655**

16.1.1. Marco conceptual del capítulo 655

16.1.2. Principales cifras del sector o sistema 655

16.1.3. Relación del sector con clima y con cambio climático 657

16.1.4. Revisión de informes previos 658

16.2. Componentes del riesgo en relación con la salud **658**

16.2.1. Amenazas 658

16.2.2. Exposición 660

16.2.3. Vulnerabilidad 660

16.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos **662**

16.3.1. Enfermedades transmitidas por vectores 663

16.3.2. Eventos meteorológicos o climáticos extremos 665

16.3.3. Contaminación atmosférica 666

16.3.4. Agua 667

16.3.5. Alimentación 668

16.4. Medidas de adaptación **668**

16.4.1. Opciones de adaptación 668

16.4.2. Actividades de adaptación planificada 671

16.4.2.1. Escala supranacional 671

16.4.2.2. Escala nacional y subnacional 671

16.4.2.3. Escala local o municipal 673

16.4.3. Actividades de adaptación autónoma 673

16.5. Barreras, oportunidades e interacciones **675**

16.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación **676**

16.7. Casos de estudio **676**

16.7.1. Enfermedades transmitidas por vectores (ETV). Retos y opciones de adaptación en Bolivia con énfasis en la región del Chaco 676

16.7.1.1. Resumen del caso 676

16.7.1.2. Introducción a la problemática del caso 678

16.7.1.3. Descripción del caso 678

16.7.1.4. Limitaciones e interacciones 680

16.7.1.5. Lecciones identificadas 681

16.7.2. Plan de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud del Ministerio de Sanidad (España) 681

16.7.2.1. Resumen del caso 681

16.7.2.2. Introducción a la problemática del caso 681

16.7.2.3. Descripción del caso 682

16.7.2.4. Limitaciones e interacciones 682

16.7.2.5. Lecciones identificadas 682

16.7.3. Adaptación y resiliencia de comunidades vulnerables a inundaciones en Veracruz (México) 683
16.7.3.1. Resumen del caso 683
16.7.3.2. Introducción a la problemática del caso 683
16.7.3.3. Descripción del caso 683
16.7.3.4. Limitaciones e interacciones 683
16.7.3.5. Lecciones identificadas 684
16.7.4. Sistema de aviso de aeroalérgenos en España mediante la Red Palinocam 684
16.7.4.1. Resumen del caso 684
16.7.4.2. Introducción a la problemática del caso 684
16.7.4.3. Descripción del caso 684
16.7.4.4. Limitaciones e interacciones 686
16.7.4.5. Lecciones identificadas 686
16.7.5. Adaptación para seguridad alimentaria y nutrición en el Corredor Seco en América Central (Guatemala, Honduras, El Salvador) 686
16.7.5.1. Resumen del caso 686
16.7.5.2. Introducción a la problemática del caso 686
16.7.5.3. Descripción del caso 687
16.7.5.4. Limitaciones e interacciones 687
16.7.5.5. Lecciones identificadas 688
16.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias 688
16.9. Conclusiones 689
Preguntas frecuentes 689
Agradecimientos 690
Bibliografía 690

Resumen ejecutivo

La salud humana debe ser un área prioritaria en el contexto de la lucha contra el cambio climático. Ante el cambio climático siguen existiendo incertidumbres asociadas a los impactos en la salud. A pesar de estas, existe evidencia suficiente para justificar el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas de salud y garantizar que las acciones de adaptación y mitigación sirvan para proteger y promover salud. En consecuencia, la salud se refleja mejor como un área prioritaria dentro de las negociaciones sobre cambio climático.

Las poblaciones más vulnerables al cambio climático son aquellas que viven con menos recursos. En Iberoamérica, en 2017 hubo aproximadamente 197 millones de personas en condiciones de pobreza. Esta condición —aunada a las deficientes condiciones de infraestructura y de los servicios de salud— incrementa la vulnerabilidad de la región al cambio climático.

Existe la necesidad de identificar los peligros a la salud asociados al cambio climático y evaluar los riesgos a través de la identificación de poblaciones vulnerables y su exposición a los peligros del cambio climático. Con base en esta información se pueden elaboran sistemas de información geográfica e identificar, proponer e instrumentar medidas de adaptación y cobeneficios que reduzcan el impacto negativo de los peligros en dichas poblaciones.

El aumento de temperatura por olas de calor aumentará el riesgo de enfermedad y muerte en las personas vulnerables, como los ancianos y personas con enfermedades preexistentes. Con un mayor calentamiento en las zonas urbanas se pueden amplificar los impactos de las olas de calor. Las medidas de adaptación deben ser dirigidas para proteger a individuos vulnerables a través de sistemas de alerta temprana que propicien la información a nivel poblacional y se hagan conscientes de las medidas de protección a nivel individual y familiar, además de contar con unos servicios de salud que se encuentren preparados para identificar y atender a personas que requieran los servicios de emergencia.

Las altas temperaturas pueden favorecer la transmisión de enfermedades transmitidas por vectores, en particular dengue y malaria. Estas enfermedades podrían ampliar su rango geográfico, su estacionalidad sería más larga y aumentaría el número de personas en riesgo. Entre las medidas de adaptación se encuentran la comunicación de riesgos para evitar la presencia de mosquitos a nivel doméstico, así como protegerse de sus picaduras. Asimismo, se debe mantener una vigilancia entomológica para detectar las dinámicas vectoriales. En casos de brotes epidémicos habrá necesidad de rociar plaguicidas.

El aumento de la temperatura empeorará las condiciones de vida de poblaciones vulnerables, como campesinos, pescadores y aquellos que viven en condiciones de inseguridad alimentaria. Esto afecta también de manera particular a los menores de cinco años que viven en condiciones de pobreza, amenazando gravemente su salud. La forma de enfrentarla sería la adopción de prácticas mejoradas de manejo agrícola; la biodiversidad agrícola como una estrategia de producción podría apoyar la adaptación a presiones ambientales, como la salinización, sequías e inundaciones, así como la implementación de programas y políticas para la promoción de agricultura y pesca sostenibles.

Dado que el ozono depende de la temperatura, este contaminante puede aumentar y tener efectos en la salud de poblaciones urbanas ante un aumento de temperatura aunado a la producción y capacidad alergénica del polen. La comunicación de riesgos puede ser la herramienta para proteger la salud de la población vulnerable, como personas con problemas respiratorios crónicos y quienes sufren de alergias.

Los sistemas de alerta temprana son una parte esencial de la adaptación al cambio climático en la atención de las poblaciones expuestas a eventos extremos hidrometeorológicos. Por lo tanto, se deben fortalecer los esfuerzos en estos sistemas para proteger a las poblaciones vulnerables en cuanto al manejo de los sistemas de información integrada y la comunicación de riesgos que hagan llegar advertencias oportunas y que promuevan la acción; contar con personal capacitado y equipado e infraestructura para manejo de los evacuados, así como la atención a medio y largo plazo de los desplazados.

Se deben garantizar las respuestas adecuadas de atención en salud tanto a nivel curativo como preventivo, para lo que se necesitan una buena planificación y profesionales de todo tipo bien formados. Si bien existe mucha información sobre los posibles impactos del cambio climático en poblaciones vulnerables, se carece de marcos de políticas y evidencias en cuanto a sus impactos a nivel regional que permitan a los tomadores de decisiones fortalecer el desarrollo de los servicios de salud con base en las necesidades regionales a medio y largo plazo. Los servicios de salud deben mejorar el acceso a agua potable y saneamiento, así como a programas de prevención, como la vacunación, además de fortalecer los sistemas de vigilancia que incluyan las enfermedades asociadas al clima. La planificación efectiva y la capacitación exigen profesionales de la salud de diversas especialidades, quienes podrán brindar servicios de salud de alta calidad adaptados al clima, asegurando que la población reciba la atención necesaria ante los desafíos a largo plazo del cambio climático.

La adaptación al cambio climático es imprescindible y urgente para reducir sus impactos sobre la salud. Los beneficios de la adaptación en salud reducen la carga de enfermedades sensibles al clima y los efectos del cambio climático en la salud humana, además de mejorar el conocimiento de las asociaciones entre el clima y la salud en las regiones de un país.

16.1. Introducción

16.1.1. Marco conceptual del capítulo

Existen pruebas sólidas de que el clima del planeta está cambiando debido principalmente a las actividades humanas (IPCC, 2013). Los aumentos de temperatura y del nivel del mar, los cambios en la distribución de las precipitaciones y los eventos extremos plantean una serie de amenazas a la salud, aumentando la diversidad de situaciones de riesgo. Estos riesgos van desde los efectos directos de las olas de calor, inundaciones, tormentas y sequías hasta condiciones asociadas a la afectación de los ecosistemas que propician la transmisión de enfermedades infecciosas, cambios adversos en la contaminación del aire, inseguridad alimentaria y desnutrición, así como impactos en diversos sectores socioeconómicos (Watts *et ál.,* 2018; Ebi *et ál.,* 2011). La **Figura 16.1** muestra las rutas que conectan el cambio climático y la salud humana y sintetiza las diversas modificaciones producto del cambio climático asociado a las emisiones de GEI, responsable de las amenazas a la salud y la seguridad.

El cambio climático hará más difícil prevenir y hacer frente a una amplia gama de efectos en la salud de la exposición de las poblaciones a amenazas asociadas a él. Si bien las poblaciones con menos recursos y vulnerables pueden ser las primeras en ser afectadas, el que los sistemas climáticos, los ecosistemas y la sociedad global estén interconectados resulta en que prácticamente nadie estará exento de sufrir los impactos.

16.1.2. Principales cifras del sector o sistema

La **Tabla 16.1** muestra algunas cifras respecto al gasto actual en salud y el umbral de pobreza nacional (PNUD,

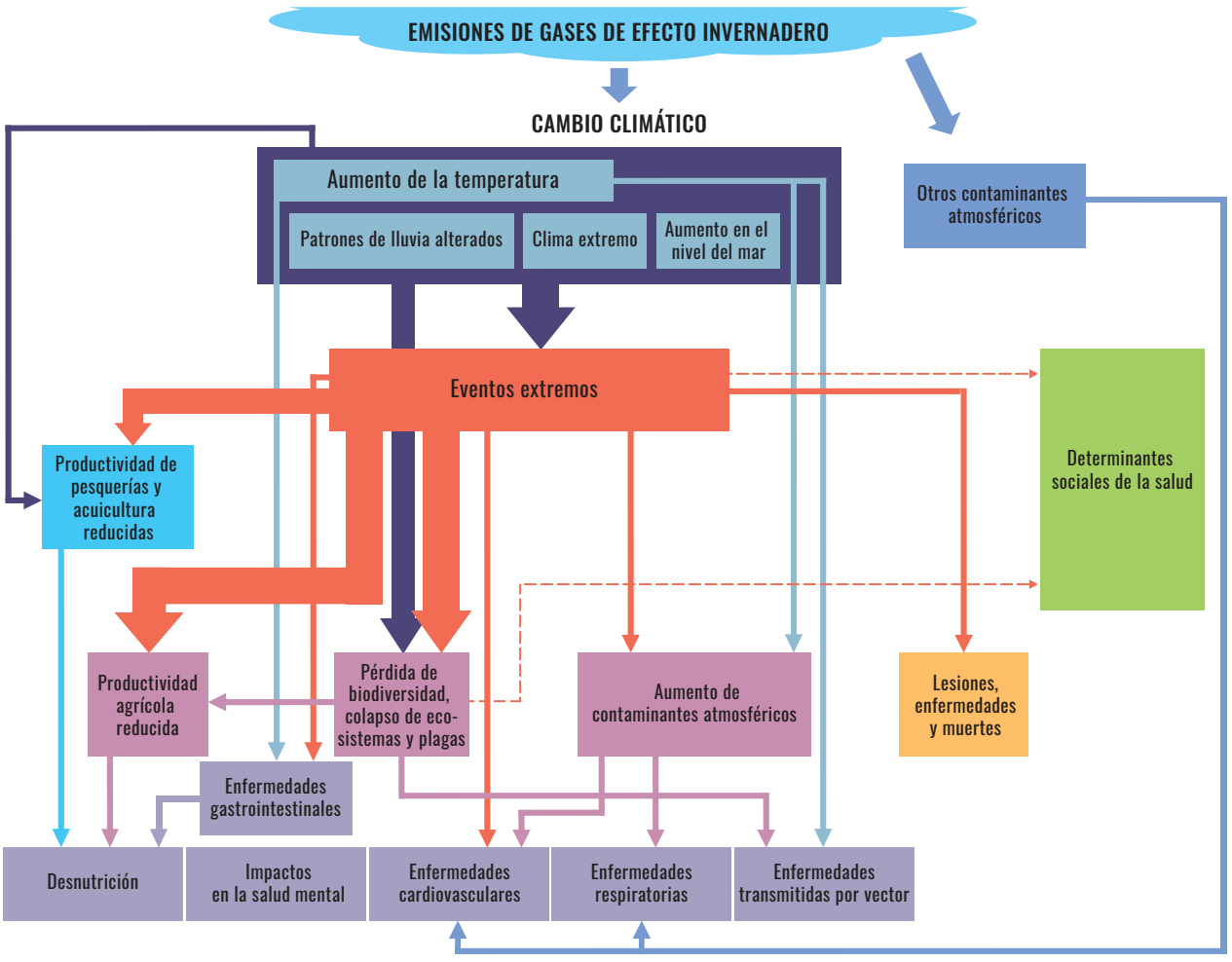


Figura 16.1. Las rutas de la incidencia del cambio climático en la salud humana. Fuente: elaboración propia a partir de Watts *et ál.,* 2018, pág. 2482.

Tabla 16.1. Algunos índices e indicadores de desarrollo humano en los países RIOCC [(*) información no disponible]. Fuente: PNUD, 2018.

País	Gasto actual en salud, 2015 (% del PIB)	Umbral de pobreza nacional, 2006-2017 (%)
Argentina	6,8	39,5
Brasil	8,9	8,7
Bolivia	6,4	28,0
Chile	8,1	*
Colombia	6,2	28,0
Costa Rica	8,1	*
Ecuador	8,5	21,5
El Salvador	6,9	38,2
España	9,2	*
Guatemala	5,7	59,3
Honduras	7,6	60,9
México	5,9	43,6
Nicaragua	7,8	24,9
Panamá	7,0	*
Paraguay	7,8	28,9
Perú	5,3	20,7
Portugal	9,0	*
Uruguay	9,2	*
Venezuela	3,2	*

2018). Esta información permite ver cómo está el sector salud en función de los recursos económicos. Se observa una distribución heterogénea de pobreza en estos países. Los valores más altos son de Honduras, Guatemala y México. Le siguen Argentina y El Salvador. Esto significa que millones de habitantes se encuentran en altas condiciones de vulnerabilidad ante el cambio climático, lo que es un desafío importante para tales países. En cuanto al porcentaje del PIB dedicado a salud, se observa que Uruguay tiene un porcentaje alto junto con España y Portugal, seguidos de Brasil y Ecuador. Respecto a este indicador y aun cuando en algunos casos no se muestra el índice de pobreza, sería de esperar que estos países pudieran tener mejores condiciones de salud y mejores posibilidades de inversión en prevención y atención médica ante los impactos del cambio climático.

A nivel de política sanitaria internacional, la estrategia de salud universal es el marco de referencia para mejorar el bienestar y la salud de todas las personas, así como fortalecer los sistemas de salud y aumentar su resiliencia y capacidad resolutiva (OPS, 2017a) frente a retos como el cambio climático.

Las prestaciones en salud en la región tienen un alto costo, lo que fomenta la exclusión de muchas personas con menos recursos económicos a ejercer su derecho a ella. Se calcula que una tercera parte de la población de las Américas enfrenta todavía limitaciones para acceder a los servicios de salud. Además, una serie de obstáculos, como traslados en zonas rurales o de difícil acceso y carencia de centros de salud bien equipados, limitan la atención de los servicios a personas con menos recursos económicos (Etienne, 2018); también los habitantes de zonas rurales o remotas tienen menos posibilidades de contar con servicios de saneamiento, agua potable y vivienda segura.

En la **Tabla 16.2** se muestran las cifras de médicos, enfermeras y dentistas de Latinoamérica y áreas y países RIOCC en 2011. Se observa que la presencia de personal médico es variable. México tiene una mayor oferta que Brasil, en particular en lo que se refiere a médicos y enfermeras, sobre todo de las segundas, cuya función a nivel de salud pública se considera de gran importancia en las zonas rurales. A nivel regional, Centroamérica y el área andina tienen cifras parecidas y sobresalen las del Cono Sur, que tiene valores altos para médicos y dentistas y el porcentaje de enfermeras sobrepasa al de Latinoamérica. En cuanto a camas hospitalarias, resalta el Cono Sur como región, y como país, Brasil es superior a México. España y Portugal tienen la misma cobertura de camas hospitalarias y un mayor número de médicos y enfermeras en comparación con América Latina.

La **Tabla 16.3** señala los porcentajes de servicios de fuentes mejoradas de agua e instalaciones mejoradas de saneamiento de Latinoamérica y áreas y países RIOCC en 2012. Ante eventos hidrometeorológicos, la capacidad de contar y mantener este tipo de servicios es de gran importancia desde el punto de vista sanitario. Con relación a las fuentes de agua, prácticamente todas las áreas urbanas de la región tienen este servicio. Respecto al saneamiento, en general, existe en gran parte de la región latinoamericana, con excepción del área andina. Para el saneamiento, las cifras son de menor cobertura tanto a nivel de país como de región y en zonas

Tabla 16.2. Cifras de médicos, enfermeras y dentistas para distintas regiones iberoamericanas. Datos de 2011 excepto los que se indican (*) 2014; (**) 2016; (***) 2015. Fuentes: OPS, 2014; Banco Mundial, 2019; Indexmundi, 2019; WHO, 2019a.

Región/país	Personal médico/10.000 habitantes			Camas hospitalarias/ 1.000 habitantes (2010-2013)
	Médicos	Enfermeras	Dentistas	
América Latina	17,2	13,8	4,3	2
México	21,2	25,1	1,0	1,5
Centroamérica	12,6	9,7	3,5	0,9
Área andina	13,4	8,8	4,8	1,4
Brasil	15,1	7,1	5,5	2,3
Cono Sur	21,2	15,2	8,2	3,7
España	40*	55,3**	4,5***	3
Portugal*	40*	63,7**	5,6***	3

Tabla 16.3. Porcentajes de servicios de fuentes mejoradas de agua e instalaciones mejoradas de saneamiento de Latinoamérica y áreas y países RIOCC, 2012. Notas: (*) población con acceso a sistemas de abastecimiento de agua potable básico, 2017; (**) estimaciones nacionales de saneamiento, por lo menos básico en 2015; (***) 2016. Fuente: OPS, 2014; Statista, 2019; OMS y UNICEF, 2017; Portuguese Water Partnership, 2019.

Región/país	Población que usa fuentes mejoradas de agua			Población que usa instalaciones mejoradas de saneamiento		
	Región/país	Zonas urbanas	Zonas rurales	Región/país	Zonas urbanas	Zonas rurales
Latinoamérica	94	77	82	82	87	62
México	95	96	91	85	87	79
Centroamérica	92	98	84	76	83	67
Área andina	89	94	73	75	82	57
Brasil	98	100	85	81	87	49
Cono Sur	98	99	90	96	98	82
España*	100	100	100	100**	100**	100**
Portugal	96***	ND	ND	85***	ND	ND

urbanas; si se compara con el agua, la menor cobertura de saneamiento, con cifras verdaderamente bajas, se encuentra en el área andina, Centroamérica y zonas rurales de Brasil. Las limitaciones en estos dos servicios propician condiciones de vulnerabilidad y se destacan las zonas rurales al estar menos favorecidas.

En la actualidad, solo el 3 % de los recursos de salud se invierte en prevención, y solo el 0,5 % de la financiación climática multilateral se ha destinado específicamente a proyectos de salud (WHO, 2018a).

16.1.3. Relación del sector con clima y con cambio climático

La OMS (WHO, 2019b) señala que la situación actual y los desafíos que se avecinan requieren una transformación en la forma en que se maneja el medio ambiente con respecto a la salud. Los enfoques actuales han sentado las bases, pero no han demostrado ser suficientes para reducir de manera sostenible y adecuada los riesgos ambientales para la salud y crear entornos favorables para la salud y la seguridad. Por consiguiente, la respuesta es construir una nueva estrategia sobre salud, medio ambiente y cambio climático.

El cambio climático socava los determinantes sociales y ambientales de la salud, incluido el acceso de las personas al aire limpio, agua potable, alimentos suficientes y refugio seguro. Afecta a la salud, especialmente en las comunidades más pobres y vulnerables y en los países menos adelantados, lo que amplía las inequidades en salud. Además, los efectos negativos del cambio climático son terriblemente amplios, pues impactan en todos órganos humanos y al mismo tiempo alteran las instituciones de salud en cuanto a la atención y prevención de enfermedades, además de dañar la infraestructura de salud pública.

Si bien todas las personas están expuestas a los impactos en el clima, la exposición a los mismos difiere de un lugar a otro. El clima está cambiando más rápido en algunos lugares que en otros y los riesgos no son iguales en todas partes. Por lo tanto, se debe considerar el contexto local para comprender los desafíos a enfrentar, las oportunidades que se tienen, las capacidades propias de esos lugares y las acciones a tomar para garantizar la resiliencia de la población de modo que no se manifiesten efectos adversos a medida que el clima continúe cambiando.

Durante más de 20 años, los científicos han estado investigando las implicaciones de los cambios observados y proyectados en el clima y la magnitud y el patrón de los resultados adversos de salud consecuencia de estos cambios. Sin embargo, en parte debido a limitaciones financieras, la base de evidencia sigue siendo fragmentada y es particularmente limitada en países de bajos ingresos.

Las principales vías a través de las cuales el cambio climático perjudica la salud incluyen la exposición a eventos meteorológicos extremos que causan lesiones, problemas de salud mental y fallecimientos; olas de calor que llevan asociadas diversos problemas de salud y muertes; mala calidad del agua y dificultades de distribución, que se vinculan con enfermedades gastrointestinales, florecimientos algales y leptospirosis; inseguridad alimentaria, que origina desnutrición, intoxicación y exposición a micotoxinas; alteraciones en la ecología y distribución de vectores, con ejemplos de enfermedades transmitidas por vectores (ETV), como dengue, chikunguña, zika, malaria, hantavirus encefalitis, entre otras; y factores sociales que promueven impactos en la salud física y mental como consecuencia de conflictos violentos y migración forzada (Haines y Ebi, 2019).

Si bien se identifica un progreso alentador en la integración del cambio climático y la salud, el desafío sigue siendo convertir la evidencia científica clara en voluntad política,

recursos y medios programáticos para mejorar la protección y atención de la salud, así como apoyar el desarrollo resiliente al clima. Por ejemplo, debido a la estrecha relación entre la contaminación del aire y el cambio climático, el hecho de no abordar la contaminación del aire y mitigar el cambio climático en conjunto resulta una oportunidad perdida de obtener múltiples beneficios para la salud, la economía y el medio ambiente.

Los mecanismos de gobernanza actuales, incluidos los de nivel local, no están abordando eficazmente la naturaleza transversal de los problemas ambientales asociados con la salud, incluyendo el cambio climático. Mientras las políticas continúen estableciéndose sin reconocer los impactos que pueden tener en la salud y los sistemas de salud, su beneficio general estará pobremente representado (WHO, 2018a).

16.1.4. Revisión de informes previos

El Quinto Informe de Evaluación del IPCC (Smith *et ál.,* 2014) señala que el cambio climático hasta mediados del siglo actual seguirá incrementando los problemas de salud ya existentes y puede agravarlos. En este escenario, los principales cambios en la salud debidos al cambio climático serán mayores riesgos de lesiones, enfermedades y muertes por olas de calor e incendios; incremento en el riesgo de desnutrición por disminución de la producción de alimentos en zonas con menos recursos económicos; pérdida de la capacidad laboral y reducción en la productividad en poblaciones vulnerables, y mayores riesgos por enfermedades transmitidas por vector (ETV) y por enfermedades de origen hídrico y alimentario. Los impactos positivos previstos serían disminución moderada en la morbilidad y mortalidad asociadas a condiciones de bajas temperaturas y, en algunos casos, de enfermedades transmitidas por vectores, si bien estos impactos serán superados a nivel mundial por la gravedad y magnitud de los efectos adversos (Smith *et ál.,* 2014). Este informe enfatiza la necesidad de fortalecer los programas de salud pública, en particular el abastecimiento de agua potable y saneamiento, atención primaria de salud, servicios de salud infantil, control de vectores y, de manera muy importante, sistemas de alerta temprana (SAT) y respuesta ante desastres, así como de lucha contra la pobreza (Smith *et ál.,* 2014).

El reporte especial sobre la variación en la temperatura, publicado por el IPCC (Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2018), contiene, entre otros hallazgos, que los cambios tendrán un menor impacto si se logra estabilizar la temperatura en 1,5 °C, comparativamente con el umbral de 2 °C. No obstante, eso no significa que no existirán efectos adversos, y reafirma la idea de que para lograr esa meta es indispensable que las acciones para frenar el calentamiento se incrementen y sean más ambiciosas. Se reitera que, en el ámbito de la salud, las principales áreas de riesgo son: ETV, infecciones por agua y alimentos, eventos extremos, inseguridad alimentaria y contaminación atmosférica. Se pronostica la intensificación de los impactos en la salud, siendo los factores socioeconómicos los que determinen la magnitud y el patrón de riesgos. La adaptación puede ser más desafiante para la seguridad alimentaria y los sistemas de salud con 2 °C de calentamiento que con 1,5 °C. El papel de estos sistemas sigue siendo esencial para enfrentar los desafíos ante el aumento de la temperatura. El empoderamiento del sector salud a través del trabajo intersectorial es primordial ante el desafío del cambio climático, además del apoyo a la investigación para la adaptación y mitigación con cobeneficios de salud, así como la disponibilidad de recursos económicos, tecnológicos y humanos. Un aspecto sustancial es la inversión en otras áreas, además de la salud, tales como educación, sistemas públicos de seguridad social, políticas de lucha contra la pobreza y seguros para la gestión de riesgos, ya que a través de ellas pueden lograrse sinergias importantes (Ebi *et ál.,* 2018; Hoegh-Guldberg *et ál.,* 2018).

16.2. Componentes del riesgo en relación con la salud

16.2.1. Amenazas

El aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) origina diversos cambios en el clima que se manifiestan mediante el aumento de la temperatura, cambios en la precipitación, aumento en la frecuencia e intensidad de algunos fenómenos meteorológicos extremos y subida del nivel del mar. Estos impactos del cambio climático ponen en peligro la salud al afectar a las fuentes de alimentos y de agua, al aire que respiramos y al clima que experimentamos, así como nuestras interacciones con los entornos naturales.

Los determinantes sociales de la salud son las circunstancias socioeconómicas en que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen, incluido el sistema de salud. Por otro lado, los determinantes ambientales son aquellos problemas específicos de la salud ambiental derivados del uso de la energía, de los recursos hídricos, la presencia o ausencia de saneamiento básico, los cultivos y sistemas agrícolas, las condiciones en el trabajo, la presencia de residuos peligrosos o la contaminación del aire, agua y suelos, entre otros (Galvão *et ál.,* 2010), así como cualquier afectación ambiental que impacte sobre la salud, como el cambio climático.

Esta diversidad de impactos climáticos actuales y futuros expone a más personas en más lugares a las amenazas sobre la salud. Una amenaza es la posible ocurrencia de un evento, una tendencia o un impacto físico, que puede causar la pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud. La importancia de una amenaza va a depender de su ubicación, y para poder identificar las amenazas es necesario conocer todos los cambios del entorno físico (UNEP, 2019).

Las poblaciones pueden estar expuestas a una serie de amenazas, incluidos los cambios en la temperatura del aire, la

temperatura del mar, las precipitaciones, sequías, incendios, tormentas, huracanes y el aumento en el nivel del mar (UNEP, 2019). Algunas de estas amenazas para la salud se presentarán en periodos más largos o en épocas del año sin antecedentes, y algunas personas estarán expuestas a amenazas novedosas en el lugar donde viven (Balbus *et ál.,* 2016), lo cual podrá originar impactos severos al no saber cómo actuar a nivel tanto de las autoridades como de la ciudadanía.

Los eventos extremos de origen meteorológico se han triplicado desde la década de los años sesenta. Se calcula que causan anualmente más de 60.000 fallecimientos, en particular en países en vías de desarrollo. Estos eventos cada vez más intensos, aunados al aumento del nivel del mar, pueden destruir hogares, servicios médicos, servicios urbanos, así como zonas agrícolas y ganaderas. Muchas personas pueden verse en la necesidad de migrar. Además, el incremento de las inundaciones puede originar áreas para el crecimiento de vectores y también, debido a los cambios en la temperatura, se podrán prolongar las estaciones de transmisión y cambiar su distribución geográfica (OMS, 2019a).

Los eventos extremos son responsables de fallecimientos por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, trastornos mentales, enfermedades transmisibles y dermatológicas, ahogamientos, lesiones físicas y desnutrición. Las inundaciones y las precipitaciones extremas también tienen graves consecuencias para la salud. Se calcula que el 15 % de todas las muertes relacionadas con desastres originados por eventos extremos se deben a inundaciones (Raes, 2013). El 22 % de la ocurrencia mundial de desastres entre 2000 y 2015 tuvo lugar en América del Sur; de estos, las inundaciones fueron responsables del 50 % de los eventos, seguidas de las tormentas (9 %), deslizamientos de tierra (8 %) y temperaturas extremas (8 %) (McBreen, 2016). A nivel mundial, el 77 % de los países experimentaron un aumento en la exposición diaria de la población a los incendios forestales entre 2001-2014 y 2015-2018 (Watts, *et ál.,* 2019). Nagy *et ál.* (2018) reportaron que los países con el mayor porcentaje de población afectada debido a desastres fueron Bolivia, Brasil, Costa Rica, Honduras, Nicaragua y Perú, y con porcentajes más bajos, México, Paragua y Uruguay y Venezuela.

De acuerdo con Nagy *et ál.* (2018), los impactos de los eventos meteorológicos extremos en América Latina están principalmente relacionados con el desarrollo socioeconómico y humano, los determinantes geográficos de la vulnerabilidad de la salud al clima y las variables que describen las disparidades de salud. Los países con menos impactos directos sobre el bienestar humano son los que tienen los mejores índices humanos, socioeconómicos y de vulnerabilidad, y los mayores gastos per cápita en salud pública, particularmente aquellos con el mayor gasto público, que son Chile, Uruguay y Costa Rica, Panamá, Argentina, Paraguay, Brasil y México.

Algunos ejemplos del impacto de eventos extremos solo en una semana de octubre de 2019 fueron 101.600 personas afectadas por inundaciones y deslizamientos en Guatemala; 400 casas en riesgo de colapsar después de intensas lluvias e inundaciones en El Salvador; 530 familias afectadas por la lluvia e inundaciones en 14 municipios en Nicaragua; 9.000 familias afectadas por incendios en Bolivia (OCHA, 2019).

Una sexta parte de la enfermedad y la discapacidad sufridas en todo el mundo se debe a las ETV, con más de la mitad de la población mundial en riesgo. Anualmente, más de 1.000 millones de personas se infectan y más de un millón de personas mueren de malaria, dengue, esquistosomiasis, leishmaniasis y enfermedad de Chagas. La tasa de mortalidad per cápita es casi 300 veces mayor en los países en desarrollo que en las regiones desarrolladas (Campbell-Lendrum *et ál.,* 2015).

Independientemente de cómo se cuentan los migrantes por el cambio climático, muchos factores contribuyen a los riesgos de salud que enfrenta la migración. Los hallazgos de Wesselbaum y Aburn (2017) respecto a la migración muestran que el cambio climático genera efectos negativos considerables en los países de origen. También se ha observado que el efecto de la temperatura en el origen es más fuerte que el efecto conjunto de los ingresos y la libertad política en el origen. Además, los desastres relacionados con el clima en el origen aumentan la migración (Wesselbaum y Aburn, 2017). Los impactos en la salud resultantes dependen tanto de afecciones preexistentes (p. ej., salud mental y estado nutricional, deseo de migrar y sistemas de salud existentes) como de intervenciones (p. ej., el acceso a la atención médica, provisión de alimentos y vivienda, y cambios relacionados con recursos de salud) (Watts *et ál.,* 2019).

La calidad del aire puede verse afectada por variables meteorológicas como el viento y la temperatura. La OMS (WHO, 2018b) ha estimado que alrededor de 7 millones de personas mueren anualmente a causa de enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica, identificada como la principal condición ambiental de riesgo para la salud en las Américas (OPS, 2018c). Se considera que en esta región hay 93.000 defunciones anuales en países de ingresos bajos y medios y 44.000 en países de ingresos altos, atribuibles a la contaminación (OPS, 2018c). En España, la contaminación es responsable de más de 10.000 muertes anuales (Díaz, 2018) y en Portugal se estimó para 2015 en 15.000 fallecimientos (Marques, 2019).

La variabilidad en las precipitaciones afectará a la disponibilidad de agua, y los eventos extremos pueden, además, impactar en su calidad. Todo ello perjudica a la higiene y aumenta la posibilidad de sufrir infecciones diarreicas que pueden llegar a causar muertes, en particular en poblaciones vulnerables, como niños menores de cinco años que vivan en condiciones de pobreza y marginación. Por ejemplo, los casos de cólera en Guatemala aumentaron casi 10 veces después del huracán Mitch de 1998. Además, del total de muertes de menores de cinco años en 2015, la diarrea fue responsable del 8 % en Nicaragua, 7 % en Guatemala y 6 % en Bolivia (OPS, 2017b). Por su parte, las sequías graves pueden llegar a causar hambrunas y migración. En 2018 se registraron en Colombia alrededor de 67.000 nuevos desplazamientos internos asociados a crecidas río arriba y lluvias

torrenciales. En México se reportaron 13.000 nuevos desplazamientos internos provocados por el huracán Willa, que atravesó seis estados. Los desplazamientos fueron organizados por las autoridades como parte del sistema de gestión de riesgos (GRID, 2019). Las enfermedades digestivas y las transmitidas por agua están asociadas con precipitaciones abundantes e inundaciones.

Existen otras variables de interés que, asociadas a las amenazas, pueden tener una influencia muy importante en los impactos en las poblaciones. Entre estas variables están los cambios en la pobreza o el estatus socioeconómico y aspectos demográficos, como la estructura por edad y la composición étnica (Oppenheimer *et ál.,* 2014).

Si las emisiones se reducen de forma muy importante, se pronostica que, para 2100, la población mundial podrá estar expuesta simultáneamente a la mayor magnitud de alguna de estas amenazas o a tres si las emisiones no disminuyen, con algunas zonas costeras tropicales enfrentando hasta seis amenazas simultáneas (Mora *et ál.,* 2018).

16.2.2. Exposición

Las amenazas pueden estar cambiando permanentemente tanto en frecuencia como en intensidad. Los efectos sobre la salud se presentan cuando quienes pueden tener una vulnerabilidad particular se exponen a una amenaza asociada al clima. Por ejemplo, es probable que las tormentas más intensas puedan afectar a un mayor número de personas; además, una mayor frecuencia puede causar que las personas estén más expuestas a sus efectos, así como la repetición de eventos puede ocasionar efectos acumulativos.

La exposición a los peligros resultado de los cambios en el clima puede ser aguda, por ejemplo, cuando la población se enfrenta a una ola de calor, o bien a medio plazo, como puede ser la exposición a las condiciones de una sequía en donde los impactos se irán viendo en función del tiempo y la gravedad de la amenaza.

Las vías de exposición a las amenazas van a ser diferentes en el tiempo y según distintas áreas. Por otro lado, las exposiciones relacionadas con el cambio climático pueden afectar a diferentes personas y diferentes comunidades en distintos grados. La exposición a múltiples amenazas asociadas al cambio climático puede presentarse simultáneamente, lo que puede ocasionar efectos combinados o en cascada. Asimismo, se pueden acumular con el tiempo, lo que lleva a cambios a largo plazo en la resiliencia y la salud (Balbus *et ál.,* 2016).

Se sabe que el efecto de isla de calor en las ciudades ocasiona incrementos del estrés por calor en sus habitantes (Zhao *et ál.,* 2018). Las olas de calor son responsables de un exceso de mortalidad, mayor incidencia de agotamiento por calor y golpe de calor, y del agravamiento de enfermedades circulatorias, cardiovasculares, respiratorias y renales en poblaciones ancianas, niños (OPS, 2017b) y personas con enfermedades preexistentes (Linares *et ál.,* 2016) que viven o trabajan en entornos sin aire acondicionado. Debido a los cambios hormonales, las mujeres de edad avanzada reciben un impacto directo en la capacidad termorreguladora, haciéndolas más vulnerables a los efectos por altas temperaturas. Además, la amenaza es mayor en mujeres que viven solas (Díaz *et ál.,* 2018).

El riesgo por extremos de calor ha aumentado constantemente desde 1990 en todas las regiones, con 157 millones de personas más expuestas a eventos de olas de calor en 2017, en comparación con 2000. Esto representa un aumento de 18 millones de eventos de exposición adicionales en comparación con 2016. Se calcula que en 2017 hubo 153.000 millones de horas de trabajo perdidas debido a la exposición a altas temperaturas. En 2018, las poblaciones experimentaron 220 millones de exposiciones a las olas de calor en todo el mundo, rompiendo el récord anterior de 209 millones, establecido en 2015. Y debido al aumento de la temperatura y las olas de calor, en 2018 se perdieron 133.600 millones de horas de trabajo potenciales a nivel mundial, 45.000 millones más que la línea de base de 2000 (Watts *et ál.,* 2018). Este aumento en la exposición a las olas de calor continúa arriesgando directamente la salud de las poblaciones, pero además tiene efectos indirectos (por ejemplo, por inseguridad alimentaria como resultado de la exposición del ganado a las olas de calor).

Entre 2010 y 2016, las concentraciones de contaminantes del aire empeoraron en casi el 70 % de las ciudades de todo el mundo, particularmente en países de bajos y medios ingresos. Se estima que la exposición a la contaminación del aire contribuyó a 130.000 muertes en las Américas en 2015 (Watts *et ál.,* 2018).

De acuerdo con la OMS (WHO, 2017), las enfermedades transmitidas por vectores representan más del 17 % de todas las enfermedades infecciosas y causan más de 700.000 muertes al año. Más de 3.900 millones de personas de más de 128 países corren el riesgo de contraer el dengue, con 96 millones de casos estimados por año. La malaria causa más de 400.000 muertes cada año en todo el mundo, la mayoría de ellas son de niños menores de cinco años. Alrededor de 500.000 personas se exponen al vector del dengue grave y requieren hospitalización cada año, una gran proporción de las cuales son niños (Campbell-Lendrum *et ál.,* 2015).

Latinoamérica, España y Portugal están expuestos a diversidad de amenazas, como eventos hidrometeorológicos, ETV, contaminación atmosférica, olas de calor, y disponibilidad y calidad del agua. Cada uno de los eventos tendrá sus propias características, como zona de impacto, duración y momento del evento, fuerza y vía de exposición.

16.2.3. Vulnerabilidad

La dimensión y gravedad de los efectos del cambio climático en la salud dependen de la interacción entre la exposición a

Recuadro 16.1. Pobreza y cambio climático

El cambio climático tendrá consecuencias devastadoras para las personas en situación de pobreza, pues la mayor carga recaerá sobre ellas. Incluso en el mejor de los casos, cientos de millones enfrentarán inseguridad alimentaria, migración forzada, enfermedades y muerte.

Las crisis de salud y la mala salud contribuyen a la pobreza a través de la pérdida de ingresos, gastos de salud y responsabilidades para el cuidado, por lo que los impactos del cambio climático en la salud representarán un obstáculo adicional para la reducción de la pobreza e incrementarán la desigualdad.

Las personas en situación de pobreza tienden a vivir en áreas más susceptibles al cambio climático y en viviendas que son menos resistentes; pueden verse afectadas en sus bienes ante eventos extremos; tienen menos recursos, apoyos gubernamentales y sistemas financieros para enfrentar sus pérdidas. Todo ello las hace muy frágiles para recuperarse del impacto. Además, sus medios de vida y activos están más expuestos (Hallegatte *et ál.,* 2016) y son más vulnerables a los eventos extremos responsables de enfermedades, pérdidas de cosechas, aumentos en los precios de los alimentos y muerte o discapacidad.

El cambio climático amenaza con deshacer los últimos 50 años de progreso en el desarrollo, así como los esfuerzos por la salud global y la reducción de la pobreza, incluso puede impactar a familias de clase media y contribuir a hacerlas pobres (Hallegatte *et ál.,* 2016).

El cambio climático exacerbará la pobreza y la desigualdad existentes. Tendrá el impacto más severo en los países y regiones pobres, y en los lugares donde viven y trabajan las personas pobres (UN Human Rights Council, 2019).

El Banco Mundial estima que, sin una acción inmediata, el cambio climático podría impulsar a 120 millones de personas más a la pobreza para 2030, cifra que podría ser probablemente una subestimación e incrementarse en los años posteriores (Hallegatte *et ál.,* 2016).

las alteraciones de las variables meteorológicas afectadas y la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales expuestos, contrarrestada por la habilidad de respuesta o capacidad adaptativa de dichos sistemas, que comprenden recursos financieros y tecnológicos, así como la capacidad de organización y planificación (Ebi *et ál.,* 2011; Gutiérrez y Espinosa, 2010). Por ejemplo, los sistemas de alerta temprana para las olas de calor enfocados en poblaciones vulnerables, como los ancianos, así como servicios de salud que puedan prevenirlos y estar preparados para atenderlos en caso de urgencia, serán medidas de adaptación que pueden disminuir el riesgo de que se agraven sus problemas de salud o riesgo de fallecimiento. En la **Tabla 16.4** se muestra la diversidad de factores que participan en la vulnerabilidad y que se deben investigar y entender dentro del contexto de los múltiples determinantes asociados a la salud.

La serie de factores de interés de una zona relacionados con la vulnerabilidad puede ser el clima en particular, incluyendo la intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos, y la ubicación geográfica, como costas, montañas, islas. Los factores particulares de la población como variables de la vulnerabilidad son la estructura demográfica, la prevalencia de trastornos de salud prexistentes, los factores genéticos y aquellos adquiridos, como la inmunización. Otro elemento es la cobertura y eficacia del sistema de salud pública, que se manifiesta a través de la calidad de programas de vigilancia y control y la atención primaria de salud (Balbus y Malina, 2019). Los factores demográficos y socioeconómicos de interés son la densidad de población, distribución de los recursos y el capital social, que influyen de forma decisiva en la vulnerabilidad; estos factores con frecuencia interactúan con los biológicos.

Los grupos vulnerables al cambio climático son los individuos que viven en condiciones de desigualdad social, niños, adultos mayores, mujeres, personas con discapacidad y aquellos que padecen enfermedades preexistentes o crónicas que trabajan al aire libre; por ejemplo, policías, vendedores ambulantes y trabajadores de la construcción, son vulnerables al estar expuestos a las olas de calor (Beggs, 2010).

En cuanto a la edad, los infantes son a menudo los más afectados por los efectos potencialmente permanentes de la desnutrición debido a las amenazas sobre la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Los niños se encuentran entre los más susceptibles a la enfermedad diarreica y experimentan los efectos más graves de la fiebre del dengue. Durante la adolescencia y más allá, la contaminación del aire, impulsada principalmente por combustibles fósiles y exacerbada por el cambio climático, daña el corazón, los pulmones y todos los demás órganos vitales. A lo largo de la vida, las familias y los medios de vida corren riesgos si aumentan la frecuencia y la gravedad de las condiciones climáticas extremas, con las mujeres entre las personas más vulnerables en una variedad de contextos sociales y culturales. Otro grupo vulnerable que se identifica son los trabajadores, pues el aumento de la temperatura y las olas de calor limitan cada vez más la capacidad laboral de las poblaciones. Existen otras condiciones difíciles de cuantificar, como la migración, la exacerbación de la pobreza, los conflictos violentos y las enfermedades mentales, que pueden afectar a personas de todas las edades y regiones donde vivan (Watts, *et ál.,* 2019).

Otras condiciones que pueden afectar a la vulnerabilidad de las personas son la degradación de la calidad del aire,

contaminantes industriales, viviendas vulnerables, falta de aire acondicionado y cambios del entorno edificado (OPS, 2017b); además, la ocurrencia de eventos extremos también puede agravar la vulnerabilidad de la población (Sorensen *et ál.,* 2017). La **Tabla 16.4** muestra las variables que afectan a la vulnerabilidad, las condiciones específicas con las que se asocia y algunos ejemplos. Esta información permite identificar elementos a considerar ante la necesidad de diseñar medidas de adaptación que protejan la salud de las personas.

En las últimas décadas, la región de Latinoamérica ha experimentado un importante crecimiento de la población y en su grado de urbanización y, probablemente, estas tendencias continúen. En España y Portugal el crecimiento ha sido muy bajo y en algunos casos, ligeramente negativo (Instituto Nacional de Estadística, 2017; IndexMundi, 2017). Estas tendencias tienen implicaciones significativas para la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación al cambio climático. Ante un rápido crecimiento de la población se incrementa la vulnerabilidad y se expone un mayor número de personas a diversos factores de riesgo, lo cual afectará a los niveles de morbilidad y mortalidad de las poblaciones (Soares da Silva *et ál.,* 2016).

Muchas ciudades en los países en desarrollo carecen de infraestructura y planificación urbana adecuadas, incrementando su nivel de exposición y vulnerabilidad frente a los eventos extremos. Por ejemplo, las casas ubicadas en colinas, en lechos de ríos secos o cerca de corrientes de agua son vulnerables a deslizamientos.

Un grupo altamente vulnerable de Latinoamérica es la población indígena, que se estima en 42 millones (Banco Mundial, 2017). Gran parte de su vulnerabilidad está dada por su dependencia de la tierra y de los recursos naturales que se ven afectados de diversas maneras por el cambio climático. Como resultado de la pobreza y la marginación, los pueblos indígenas a menudo tienen un acceso muy limitado a los principales servicios de salud y a los programas de prevención y promoción de la salud. Por ejemplo, los rarámuris, indígenas que viven en la Sierra Norte de México, enfrentaron una sequía que impactó severamente la cosecha de maíz y frijol, semillas de gran valor en su sistema alimentario (OPS, 2017a).

El género es otra condición de vulnerabilidad. Las mujeres pueden ser más vulnerables a los impactos en la salud psicosocial durante eventos extremos, ya que son más propensas a soportar la carga de la recuperación del evento y de seguir su vida para satisfacer múltiples demandas dentro y fuera del hogar (Oswald *et ál.,* 2014), y por no tener acceso a los servicios de salud durante el evento (Kovats *et ál.,* 2003; Cannon, 2008).

Para poder identificar, analizar y enfrentar la vulnerabilidad, puede recurrirse a indicadores del cambio climático y sus efectos en la salud humana; la planificación de acciones de adaptación de los vulnerables; el seguimiento y evaluación de las acciones propuestas, implementadas y ejecutadas, y los recursos invertidos (Kovats *et ál.,* 2003). Esto permitirá que las medidas de adaptación puedan reducir la vulnerabilidad a medio y largo plazo, además de reducir la carga de enfermedad.

Ebi *et ál.* (2011) plantean la necesidad de evaluar la vulnerabilidad actual y futura ante situaciones de riesgo por el cambio climático para la salud, así como la estimación de políticas que puedan enfocarse en mejorar la resiliencia ante los riesgos de salud. Esta evaluación podría centrarse en una región o localidad y los resultados darían información valiosa a los responsables de políticas sobre el tipo y magnitud de los riesgos para la salud asociados al cambio climático, tanto actuales como futuros, y sobre las políticas para evitar los efectos presentes y prevenir y reducir los futuros. Asimismo, daría elementos para definir el progreso hacia la construcción de comunidades resilientes al clima y la protección de la salud de la población.

16.3. Caracterización de los riesgos y sus impactos

La región de Latinoamérica y la Península Ibérica son vulnerables a algunos de los aspectos más adversos del cam-

Tabla 16.4. Variables que afectan a la vulnerabilidad, condiciones específicas asociadas y ejemplos. Fuente: Ebi *et ál.,* 2011.

Variables que afectan a la vulnerabilidad	Condiciones específicas	Ejemplos
Clima de referencia	Magnitud y frecuencia previstas de fenómenos meteorológicos; circunstancias geográficas	Ubicarse en zonas urbanas o zonas de inundación que exponen a diversos factores de riesgo para la salud y seguridad
La eficacia y cobertura del sistema de salud pública e instituciones conexas	Calidad de los programas de vigilancia y control	Mortalidad y morbilidad
Características de la población	Estructura demográfica; prevalencia de trastornos médicos preexistentes, como inmunidad y factores genéticos	Grupos vulnerables, como mujeres, niños, personas ancianas
Factores demográficos y socioeconómicos	Densidad de población; capital social; distribución de los recursos	Diferencias en la capacidad para adaptarse o de responder a la exposición

Recuadro 16.2. Los derechos humanos y el cambio climático

Cualquier amenaza de origen climático puede amenazar el disfrute pleno y efectivo de una variedad de derechos humanos internacionalmente garantizados en cualquier parte, incluidos los derechos a la vida, al agua y saneamiento, la alimentación, la salud, la vivienda, la autodeterminación, la cultura y el desarrollo. Si bien muchas personas estarán en situación de pobreza, de ninguna manera serán las únicas víctimas cuyos derechos humanos no sean respetados (UN Human Rights, 2019a).

Los impactos negativos del cambio climático son sufridos desproporcionadamente por personas y comunidades que ya se encuentran en situaciones desventajosas debido a la geografía, pobreza, género, edad, discapacidad, antecedentes culturales o étnicos.

Con el fin de fomentar la coherencia de las políticas y ayudar a garantizar que los esfuerzos de mitigación y adaptación al cambio climático sean adecuados, suficientemente ambiciosos, no discriminatorios y que cumplan con las obligaciones de derechos humanos, las siguientes consideraciones deberían reflejarse en todas las acciones climáticas (UN Human Rights, 2019b):

1. Mitigar el cambio climático y prevenir sus impactos negativos en los derechos humanos.
2. Garantizar que todas las personas tengan la capacidad necesaria para adaptarse al cambio climático.
3. Rendición de cuentas y reparación efectiva de los daños a los derechos humanos causados por el cambio climático.
4. Movilizar los recursos máximos disponibles para un desarrollo sostenible basado en los derechos humanos.
5. Cooperación internacional.
6. Velar por la equidad en la acción climática.
7. Garantizar que todos disfruten de los beneficios de la ciencia y sus aplicaciones.
8. Proteger los derechos humanos de los daños de las empresas.
9. Garantizar la igualdad y la no discriminación.
10. Velar por una participación significativa e informada.

bio climático. Las diversas amenazas son responsables de modificaciones en los ecosistemas, que a su vez originan varios riesgos para la salud. La **Figura 16.2** describe los ocho principales riesgos, el factor climático determinante, su importancia, urgencia y regiones afectadas. Destaca América Central como la región con mayor vulnerabilidad.

16.3.1. Enfermedades transmitidas por vectores

Existe una gran diversidad de vectores de enfermedades, como mosquitos, flebótomos, chinches triatomíneas, simúlidos, garrapatas, ácaros, caracoles y piojos. En particular, los mosquitos son muy sensibles a cambios de temperatura y humedad (Smith *et ál.,* 2014). Las tendencias actuales de aumento de la temperatura y un clima más variable amenazan con socavar el progreso mundial reciente contra algunas ETV.

Estas enfermedades constituyen una causa importante de muerte, contribuyen significativamente a la carga mundial de enfermedades e inequidad en la salud, causan epidemias que interrumpen la seguridad de la salud y ocasionan freno al desarrollo y tensión en los servicios de salud. Se considera que una sexta parte de la enfermedad y la discapacidad sufridas en todo el mundo se debe a estas patologías (Campbell-Lendrum *et ál.,* 2015).

Los mayores riesgos de enfermedad suelen amenazar a las personas con menos recursos económicos debido a condiciones ambientales y sociales más limitadas (p. ej., viviendas de menor calidad cercanas a sitios de reproducción de vectores) y a la falta de acceso a intervenciones y servicios de medicina preventiva y curativa (Ottesen *et ál.,* 1997). La urbanización es también una condición de interés, ya que en países en vías de desarrollo es descontrolada y no provee servicios de agua y alcantarillado, lo que propicia condiciones para la proliferación de vectores (Hay *et ál.,* 2006).

La WMO (2018) señaló que la aparición de la epidemia por virus del zika, principalmente transmitida por el mosquito *Aedes aegypti,* en Latinoamérica y causada por la sequía y temperaturas inusualmente altas se desarrolló, al menos desde 2013, debido a cambios ambientales dados por falta de humedad y aumento en la temperatura. Los cambios de temperatura, precipitaciones y humedad pueden tener efectos importantes en la leishmaniasis, y las sequías, inundaciones y carencia de alimentos pueden causar migraciones hacia zonas de transmisión (WHO, 2014b). En el caso del dengue, la distribución geográfica puede verse afectada de forma importante mediante cambios en la temperatura, lluvia y humedad (Prüss-Ustün *et ál.,* 2016).

En Chile, en áreas rurales despobladas, se han identificado focos silvestres inesperados de *Triatoma infestans,* vector de la enfermedad de Chagas. Este evento puede estar relacionado con el aumento de la temperatura posterior a un episodio de El Niño. Asimismo, se han detectado nuevas poblaciones del *Aedes aegypti* en la isla de Pascua en 2002 y 2006, lo que aviva el temor a una posible reintroducción del vector en Chile continental (Pino *et ál.,* 2015).

Principales riesgos identificados	Factor climático determinante	Importancia	Urgencia	Extensión (regiones más afectadas)
Incremento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores debido a variaciones en la distribución de poblaciones de mosquito y a cambios en la climatología que pueden modificar las tasas de picaduras, supervivencia o el tiempo de desarrollo del agente patógeno de malaria, dengue, zika, chikunguña, leishmaniasis y Chagas, entre otras.				
Aumento de la morbilidad y mortalidad de personas vulnerables, como niños pequeños, ancianos, individuos con enfermedades preexistentes, poblaciones de bajos ingresos y trabajadores al aire libre, particularmente en zonas urbanas, por el incremento de olas de calor.				
Pérdidas de vidas humanas por ahogamientos o aumento de lesiones, problemas de salud mental y otras enfermedades, así como movimientos migratorios e inseguridad alimentaria por inundaciones que pueden afectar tanto a zonas urbanas como rurales.				
Crecimiento de la morbilidad o mortalidad en personas expuestas al fuego o al humo causado por incendios. El penacho del incendio puede viajar largas distancias y afectar a la calidad del aire de poblaciones lejanas.				
Inseguridad alimentaria.				
Mayor morbilidad y mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares debidas a aumentos de la temperatura.				
Incremento de la incidencia de enfermedades infecciosas como cólera, fiebre tifoidea, shigelosis, hepatitis, diarreas, giardiasis, así como infecciones virales y diarrea por beber agua contaminada.				
Incremento de la incidencia de enfermedades infecciosas por Salmonella y campylobacter, aflatoxinas y ficotoxinas por la ingesta de alimentos contaminados, incluyendo moluscos y crustáceos.				

Factor climático determinante:

- Aumento de la temperatura
- Aumento de la precipitación
- Disminución de la precipitación
- Temperaturas extremas
- Tormentas intensas y huracanes
- Inundación
- Sequía
- Subida del nivel del mar
- Acidificación del océano
- Cambios en la estacionalidad
- Fertilización por CO_2

Importancia. Se asignó uno de los siguientes niveles: poco importante, importante y muy importante, en términos de la significación de sus impactos en los sistemas naturales o humanos, incluyendo el número de personas afectadas.

Urgencia. Se asignó uno de los tres siguientes niveles: inminente (que puede estar ocurriendo u ocurrir en cualquier momento), a medio plazo (que se espera que ocurra de aquí a mediados de siglo o cuando se exceda 1,5 °C), a largo plazo (que se espera que ocurra después de mediados de siglo o cuando se exceda de 2 °C de calentamiento).

Extensión:



Figura 16.2. Principales riesgos identificados en el ámbito de la salud. Fuente: elaboración propia.

En España se ha establecido la circulación del virus del Nilo Occidental, principalmente en la zona sudoeste de Andalucía (Amela y Sierra, 2016). En ciertas zonas la leishmaniasis es endémica y en 2012 se reportó un brote importante en la Comunidad de Madrid, donde ha cambiado el reservorio (Molina *et ál.,* 2012). En el norte se detectan casos de borreliosis transmitida por garrapatas. El mosquito *Aedes albopictus,* transmisor de diversas enfermedades virales, se ha encontrado en Aragón y en el País Vasco (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2016).

Portugal presenta condiciones climáticas para *Aedes aegypti* y *A. albopictus* (ECDC, 2012). Se han encontrado infecciones virales del Nilo Occidental (Almeida *et ál.,* 2008); además, la reemergencia de ciertos arbovirus ha sido de interés, pues en Madeira (2012-2013) se reportaron más de 2.000 casos de dengue (Martínez, 2017).

Según la OPS (2017b), existe la posibilidad de que las modificaciones en el clima en Latinoamérica amplíen la distribución geográfica de vectores a altitudes mayores, así como que se amplifique la temporada de transmisión en dichas latitudes de enfermedades ya establecidas, como dengue, chikunguña, zika, malaria, leishmaniasis, fiebre del Nilo Occidental, encefalitis transmitida por garrapatas, fiebre amarilla, rickettsiosis maculosa, la fiebre del Valle del Rift y la borreliosis de Lyme.

16.3.2. Eventos meteorológicos o climáticos extremos

Entre los eventos meteorológicos o climáticos extremos de mayor impacto asociados al cambio climático están el calor extremo, las precipitaciones intensas, los huracanes, las sequías y los incendios forestales. Los eventos extremos pueden empeorar las disparidades en salud en países en desarrollo, aumentar la brecha sanitaria e incrementar la vulnerabilidad de las poblaciones (McBreen, 2016).

Linares et ál. (2018) elaboraron un estudio para analizar el impacto en la mortalidad por parte de partículas (PM) producidas por la combustión de biomasa a partir de incendios forestales en España. La exposición se asoció con una mayor mortalidad diaria en las regiones donde los incendios fueron más frecuentes, aun cuando este es un efecto que se puede sumar a los de la contaminación química propia de las ciudades y a los de las altas temperaturas asociadas a una gran presencia de incendios. Las poblaciones vulnerables son los niños, los ancianos y los enfermos de tipo cardiorrespiratorio, quienes pueden sufrir problemas importantes de salud. Se espera que el cambio climático aumente la incidencia de los incendios en muchas regiones debido al aumento de la temperatura (IPCC, 2013).

En México se prevé que el efecto de la isla de calor provoque, de promedio, un incremento máximo de 4,7 °C en ciudades mexicanas con un millón de habitantes o más (SEMARNAT, 2018a). Para 2100, se prevé que este porcentaje de la población mundial expuesta a condiciones climáticas, como la temperatura media diaria del aire superficial y la humedad relativa en las que se vuelven mortales, aumente al 48 % en un escenario con reducciones drásticas de las emisiones de gases de efecto invernadero y al 74 % en un escenario de emisiones creciente. Se sugiere que las áreas húmedas tropicales estarán expuestas de manera desproporcionada a más días con condiciones climáticas mortales, porque estas áreas tienen temperaturas cálidas durante todo el año y una mayor humedad, por lo que para cruzar el umbral mortal se requiere de un menor calentamiento (Mora *et ál.,* 2018). Se espera que el exceso de mortalidad relacionado con las olas de calor aumente más en los países/regiones tropicales y subtropicales, como Brasil y Colombia (Guo *et ál.,* 2018). Según el Banco Mundial, para 2050, una de cada seis personas en el mundo tendrá más de 65 años. Se prevé que el número de personas de 80 años o más se triplique y pase de 143 millones en 2019 a 426 millones en 2050. Esta población se considera muy vulnerable a la exposición de las olas de calor, lo que representará un reto para los servicios de salud en los países donde sean más frecuentes e intensas (World Bank, 2019; Mora *et ál.,* 2017).

Respecto a la disminución de la temperatura, como extremo de temperatura, y sus efectos en la salud en Chile, según Bustos (2013), las enfermedades respiratorias y cardiovasculares son las que presentan mayor relación con ella, siendo los menores de 5 años y mayores de 65 años los más afectados. En cuanto a la mortalidad de las personas mayores de 75 años asociada a la temperatura mínima en la Región Metropolitana de Santiago, se observó una relación espejo que muestra una fuerte causalidad de la temperatura sobre los fallecimientos. En dos estudios respecto a las temperaturas en España se encontró que la mortalidad diaria relacionada con el frío fue mayor que la vinculada con el calor, lo que hace que los planes de prevención dirigidos a todos los grupos de edad los días de baja temperatura a nivel regional sean más necesarios que los programas de prevención para los días de alta temperatura en términos de mortalidad evitable (Díaz *et ál.,* 2015a; Carmona *et ál.,* 2016).

Es probable que el cambio climático afecte a la salud mental de muchas maneras (PAHO, 2013). Sequías, inundaciones y aumento del nivel del mar pueden provocar mayor angustia psicológica, trastorno por estrés postraumático y trastorno de adaptación y depresión a través de muchos mediadores, como tensiones económicas, estrés migratorio y de aculturación y disminución del capital social (Padhy *et ál.,* 2015). De acuerdo con las proyecciones se calcula que, si no se mitiga el cambio climático, se generen entre 1 y 4.000 millones de eventos adicionales de exposición a la sequía por año y 2.000 millones de eventos de exposición a las inundaciones por año para fines de siglo (Watts *et ál.,* 2015). Según las proyecciones del nivel del mar para 2050, el territorio que actualmente alberga a 300 millones de personas se situará por debajo de la elevación de una inundación costera anual promedio y para 2100, el territorio que ahora alberga a 200 millones de personas podría

situarse permanentemente debajo de la línea de la marea alta (Climate Central, 2019).

Las condiciones de género van a perfilar los efectos en la salud mental que pueden enfrentar hombres y mujeres ante diversos tipos de eventos extremos. Las mujeres son más propensas a ser víctimas de violencia doméstica y sexual ante desastres (Oswald, 2016), situación que se ha reportado en El Salvador (IFRC, 2015). La disminución en la seguridad alimentaria y en otros medios de subsistencia pueden causar un estrés considerable a hombres y niños. Ejemplos de estrés han sido reportados por Hanigan *et ál.* (2012) respecto a los suicidios de agricultores en zonas rurales de Australia y en varones agricultores con menos recursos económicos de la India (OMS, 2016).

El último informe de la OMM (WMO, 2019) reporta que sequías, inundaciones y tormentas (incluidos huracanes y ciclones), junto con otras variables de índole social y económica, fueron los eventos que llevaron al mayor número de desplazamientos provocados por desastres en 2018. Los eventos de lenta evolución, como sequías, desertificación, erosión costera y aumento del nivel del mar, también pueden provocar desplazamientos internos y transfronterizos (WMO, 2018). Los migrantes pueden sufrir diversos problemas, como enfermedades infecciosas y no transmisibles, seguridad alimentaria, exposiciones a extremos de calor, afecciones mentales y servicios de salud inaccesibles, entre otras condiciones (Schwerdtle *et ál.,* 2018).

La **Tabla 16.5** muestra un ejemplo de los principales eventos extremos en países de Iberoamérica en 2018 (WMO, 2019). Se señalan los diversos impactos debidos a sequías, lluvias, temperaturas extremas y nevadas en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, España, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú, Portugal, El Salvador y Uruguay.

La **Figura 16.3** muestra el riesgo relativo (RR) clasificado a eventos climáticos extremos en diversos países de Latinoamérica (Nagy *et ál.,* 2018). El RR se obtuvo con base en la vulnerabilidad clasificada, así como la adaptabilidad, además del total de personas afectadas por 10 eventos climáticos extremos. Los países con un mayor riesgo se ubican en Centroamérica, en la costa norte del Pacífico y en Bolivia.

16.3.3. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud en las Américas (OPS, 2018c). Disminuir la contaminación del aire salvaría vidas y ayudaría a frenar el ritmo del cambio climático a corto plazo. Los cambios en los patrones climáticos han influido en los niveles y la ubicación de los contaminantes del aire, como las partículas finas y el O_3. Las enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica incluyen apoplejía y enfermedades del corazón, enfermedades respiratorias, cánceres y muertes prematuras.

Tabla 16.5. Principales eventos extremos en países de Iberoamérica en 2018. Fuente: WMO, 2019.

País	Evento	Impactos
Argentina	Algunas regiones experimentaron sequías mientras que otras tuvieron inundaciones repentinas. Periodo más intenso: de octubre de 2017 hasta marzo de 2018 Las lluvias en Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires y La Pampa estuvieron un 43 % por debajo del promedio Mayo fue el mes más húmedo de la historia de Argentina	Las condiciones secas dieron lugar a grandes pérdidas para los cultivos de soja y maíz con pérdidas agrícolas estimadas en 5.900 millones de dólares.
Bolivia	El sistema de tormentas trajo temperaturas de -14 °C	
Brasil	Sequía	Pérdidas estimadas del 30 % en los cultivos de soja en Paraná Disminución de las cosechas de maíz
Chile	En junio, un fuerte frente frío trajo la caída de nieve en Santiago	
España	Breve e intensa ola de calor a principios de agosto	
Guatemala	Sequía	Puntos críticos de migración
Honduras	Sequía	Puntos críticos de migración
Nicaragua	Sequía	Puntos críticos de migración
Perú	El sistema de tormentas trajo nieve que alcanzó hasta 40 cm de espesor	
Portugal	El 4 de agosto fue el día más caluroso del siglo XXI: el 40 % de las estaciones reportaron récords, incluyendo Lisboa Evento raro de lluvia helada	
El Salvador	Sequía	Puntos críticos de migración
Uruguay	Grave sequía En agosto un frente frío fuerte se movió a través de la región trayendo nieve al sudeste del país	



Figura 16.3. Riesgo relativo clasificado de eventos climáticos extremos en diversos países de Latinoamérica. Fuente: Nagy *et ál.*, 2018, pág. 17.

El clima influye fuertemente en la distribución espacial y temporal de contaminantes atmosféricos mediante los vientos, la mezcla vertical y la precipitación, condiciones que probablemente se alteren ante el cambio climático. Las emisiones de ozono y precursores de $PM_{2.5}$ aumentan más rápido con mayor luz y a temperaturas ambiente más altas (Jacob y Winner, 2009; Kinney, 2018). Los niveles crecientes del CO_2 propician el crecimiento de plantas que liberan alérgenos al aire (Balbus *et ál.*, 2016). Además de la gravedad por los efectos en la salud de la exposición a contaminantes atmosféricos, según la OPS (2017a), «en la región, el 20 % de las ciudades de los países de ingresos altos y el 90 % de las ciudades de los países de ingresos bajos y medios no cumplen con las normas de la OMS sobre la calidad del aire»; España y Portugal también reportan efectos por la contaminación atmosférica, en particular por NO_2, O_3 y $PM_{2.5}$ (European Environment Agency, 2018).

Orru *et ál.* (2013) proyectaron con base en modelos de cambio climático para 2021-2050 y 2041-2060 aumentos mucho mayores en mortalidad y morbilidad relacionadas con el ozono en España y Portugal. En Chile el aumento de casos de alergias y asma es debido al cambio de las corrientes de vientos que ingresan desde la costa en el valle de Azapa (CUC CU, 2011). La prevalencia de asma en Portugal es del 6,8 % (Sa-Souza *et ál.*, 2012) y la de España, del 7 % (Castellanos y Herrero, 2018). El aumento en la temperatura y el CO_2 propiciará en algunas especies un aumento en la producción de polen y la alergenicidad, así como un avance y temporadas de polen más prolongadas (Katelaris y Beggs, 2018). Los días más calurosos y soleados generarán ozono, lo que podrá incrementar síntomas para las personas con riesgo de asma y dificultades respiratorias (Barnes *et ál.*, 2013). De esta manera, las acciones de mitigación no solo tendrían cobeneficios al propiciar efectos positivos a medio y largo plazo, sino que también redundarían en efectos beneficiosos a medio y largo plazo debido a la reducción del impacto de los contaminantes atmosféricos sobre la salud de la población.

16.3.4. Agua

Los efectos del cambio climático causan un impacto muy importante en el agua, cuya disponibilidad y seguridad pueden verse amenazadas (Hoegh-Guldberg *et ál.*, 2018). El aumento de ciertos eventos extremos, como las inundaciones, amenaza con dañar severamente el acceso puntual al agua, así como las instalaciones de saneamiento, y contaminar las fuentes de agua (UN, 2019).

La distribución espacial y temporal de la precipitación en la región es muy heterogénea y hay poblaciones de algunas áreas con graves dificultades para contar con el recurso (Magrin, 2015).

Con respecto a su calidad, muchos de los sistemas que abastecen de agua a zonas urbanas ya están saturados debido a las tormentas. La turbidez también aumenta durante las tormentas y se asocia con enfermedades en muchas comunidades (Schwartz *et ál.*, 1997). En ciudades de zonas áridas, puede que no haya alcantarillas debido a la usual escasez de lluvias, por lo que ante lluvias inesperadas pueden ocurrir inundaciones y la calidad del agua terminar afectada desde el punto de vista bacteriológico. Asimismo, las lluvias que acarrean diversos materiales de desecho pueden contaminar las aguas, lo que acrecentaría el riesgo de la población a enfermar por aumento en el recuento de bacterias (Dwight *et ál.*, 2002).

En Latinoamérica las condiciones climáticas propician un incremento de la contaminación del agua por microorganismos, como Salmonella y Leptospira; diversos virus, como

de hepatitis A y E, y poliovirus, y parásitos, como giardia. Se ha demostrado que las enfermedades transmitidas por agua a veces son producto de un menor volumen de precipitaciones (OPS, 2017a). La UNESCO (2018) ha llamado la atención sobre la disminución de glaciares de baja altitud en los Andes tropicales y se calcula que para fines de este siglo podrían perder entre el 78 y el 97 % de su volumen. Esto incrementará la vulnerabilidad en cuanto al abastecimiento de agua para la población, la producción de alimentos y otros usos en estas regiones, así como en zonas semiáridas (Magrin, 2015). En gran parte de México, a excepción de la zona tropical del sur, se prevé una disminución de la disponibilidad de agua y un incremento de las condiciones de sequía. La calidad del agua se verá afectada debido al aumento de su temperatura y de la intensidad de precipitación, junto con periodos de caudal bajo más prolongados, lo que propiciará que haya muchas fuentes de contaminación (Bates *et ál.,* 2008). Este escenario afectaría sensiblemente a la disponibilidad de agua para la producción de alimentos y demás usos (Magrin, 2015).

16.3.5. Alimentación

Dado que la agricultura es sensible al clima, es probable que el cambio climático tenga efectos significativos en la productividad de los cultivos de los principales cereales y, por lo tanto, aumente el riesgo de desnutrición al reducir la calidad de la ingesta dietética (IPCC, 2013; WHO, 2014a). Además, puede exacerbar la obesidad y amplificar las desigualdades en salud (Lake *et ál.,* 2012).

Ante eventos extremos por los cuales los cultivos dirigidos al autoconsumo se pueden ver afectados, los hogares con menos recursos económicos pueden superar la emergencia reduciendo el número de comidas, recortando el gasto en salud y sacando a los niños y niñas de la escuela (Gutiérrez y Espinosa, 2010). La descomposición de alimentos depende de la temperatura, así como de la presencia de plagas como moscas, cucarachas y roedores. Estos organismos aumentan su contacto con los alimentos a temperaturas más cálidas (Goulson *et ál.,* 2005). En Latinoamérica, la incidencia de las intoxicaciones más frecuentes por Salmonella y Campylobacter tiene una tendencia estacional asociada con el aumento en la temperatura. Asimismo, se considera la posibilidad de que hongos productores de toxinas, como la aflatoxina, potente carcinógeno humano, puedan proliferar ante condiciones más cálidas; además, estas condiciones propician la floración de las algas dañinas que liberan fitotoxinas y contaminan moluscos y crustáceos (OPS, 2017a).

La escasez de alimentos que genera desnutrición y el hacinamiento por desplazamientos poblacionales a gran escala son efectos directos del cambio climático, los cuales a su vez, y como impacto indirecto, incrementan la incidencia de infecciones respiratorias (Paynter *et ál.,* 2010). Las regiones con menos recursos económicos podrían sufrir una reducción en la producción de alimentos básicos por el aumento de la temperatura y la variabilidad de las lluvias (OMS, 2019b).

16.4. Medidas de adaptación

16.4.1. Opciones de adaptación

Para poder establecer medidas de adaptación, es necesario identificar las poblaciones vulnerables, así como la exposi-

Recuadro 16.3. Contaminación de interiores, salud y cobeneficios

De acuerdo con la OMS (WHO, 2018c), en 2016, la contaminación del aire de los hogares por cocinar con combustibles sólidos fue responsable de 3,8 millones de muertes. La importancia de la contaminación del aire en los hogares como una amenaza para la salud pública varía drásticamente según el nivel de desarrollo. La contaminación del aire en el hogar (hidrocarburos aromáticos policíclicos, HAP) originada por prácticas de cocina ineficientes, combinadas con combustibles sólidos y líquidos, además de prácticas de ventilación deficientes, fue responsable de alrededor de 81.000 muertes en las Américas en 2012 (WHO, 2014c).

La exposición a HAP se ha asociado con un mayor riesgo de sufrir derrame cerebral, cardiopatía isquémica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cáncer de pulmón. Las mujeres y los niños corren un riesgo especial de exposición a los HAP debido al tiempo de exposición en interiores (Buthelezi *et ál.,* 2019). Las mujeres expuestas al humo por la quema de carbón también tienen un riesgo elevado de cáncer de pulmón (WHO, 2014c).

Se considera que el cambio de energía podría ser una medida de mitigación que protegiera a las mujeres y niños expuestos a estos contaminantes. La importancia del comportamiento y los determinantes socioeconómicos en relación con los HAP es fundamental cuando se define un enfoque integral para comprender la relación entre el estado de salud respiratoria, la contaminación del aire y el tipo de uso de combustible.

Se pueden lograr ganancias significativas tanto para la salud como para el clima al proporcionar acceso a estufas y combustibles limpios para los 2.700 millones de personas que aún dependen de estufas de carbón y biomasa tradicionales rudimentarias. El uso de tecnologías de energía doméstica más limpias para reducir el cambio climático representa una gran oportunidad que no se ha explorado adecuadamente (WHO, 2011). Esta sería una estrategia de cobeneficios de gran impacto para poblaciones vulnerables.

ción al peligro. Con base en esa información, las medidas se pueden enfocar en disminuir la vulnerabilidad y aminorar o evitar la exposición.

Las medidas de adaptación ante las olas de calor deben enfocarse en las poblaciones vulnerables con sistemas de alerta temprana que permitan la actuación con medidas de protección personal y familiar, y que los servicios de salud fortalezcan la información de protección a los vulnerables, sean capaces de identificar enfermos expuestos a olas de calor y tengan los recursos necesarios para su atención en servicios de emergencia.

Dada la ampliación del rango geográfico de los vectores, se hace necesario establecer estrategias de comunicación de riesgo, pues además de las poblaciones que ya padecen ETV, habrá otras que enfrenten por primera vez la posibilidad de padecer estas enfermedades. La comunicación se debe enfocar principalmente en conocer dónde se reproducen los mosquitos para evitar zonas de criaderos, conocer la sintomatología de las enfermedades que transmiten y las diversas formas de protegerse de las picaduras. El sector salud debe trabajar cercanamente con entomoparasitólogos que monitoreen de modo permanente las dinámicas vectoriales para alimentar la estrategia de comunicación de riesgos, así como tener la infraestructura de laboratorio y medicamentos en zonas cercanas a donde actualmente se lleva a cabo la transmisión.

Debido a la amenaza del cambio climático a la seguridad alimentaria, se debería identificar a los grupos sobre los que el cambio climático puede impactar y las zonas cuya producción de alimentos puede verse afectada por eventos como aumento en la temperatura, inundaciones, sequías y plagas. Entre las medidas de adaptación que podrían establecerse están las prácticas mejoradas de manejo agrícola, biodiversidad agrícola, planes y políticas de agricultura y pesca sostenibles, además de programas de atención a la salud infantil, dado que los menores de cinco años son la población más vulnerable.

La comunicación de riesgos puede ser la herramienta para proteger la salud de la población vulnerable debido a la exposición a contaminantes atmosféricos (en particular el ozono), como las personas con problemas respiratorios crónicos y quienes sufren de alergias. Deberían instrumentarse herramientas tecnológicas que en tiempo real informaran a la ciudadanía de la calidad del aire y las medidas para proteger la salud de toda la población, con especial atención a los más vulnerables.

Los sistemas de alerta temprana son fundamentales para la adaptación al cambio climático de las poblaciones expuestas a fenómenos hidrometeorológicos. Debe establecerse un trabajo conjunto entre los servicios de meteorología, las estrategias de atención a la seguridad, la comunicación social, así como los medios de comunicación regional y local de las zonas en riesgo. La comunicación de riesgos debe apoyarse en profesionales con credibilidad y habilidades de comunicación que se enfoquen tanto en la prevención como en la protección de toda la población, con un cuidado especial de los más vulnerables. La población debe saber cómo actuar, en qué momento, con quién comunicarse para recibir información de emergencia, a dónde acudir antes de la emergencia para protegerse y cómo llegar a los lugares previstos.

Es necesario establecer los marcos institucionales que permitan la instrumentación de políticas públicas que tengan en cuenta los posibles impactos del cambio climático a nivel regional y local, apoyadas por la capacitación y la financiación necesaria. Dichas políticas serán la base para fortalecer los servicios de salud enfocados particularmente en la prevención y atención de personas expuestas a amenazas de origen climático, así como la mejora en el acceso y calidad del agua y saneamiento, y la vigilancia epidemiológica de enfermedades asociadas al clima.

Dadas las condiciones de los impactos del cambio climático en Latinoamérica y la Península Ibérica que se presentan actualmente y los que se pronostican, se hace necesario incrementar las medidas de adaptación, así como plantear nuevas estrategias enfocadas en la salud. Ambas necesidades deben tener una selección cuidadosa que abarque ventajas y desventajas de cada medida propuesta, incluyendo posibles conflictos de intereses entre los diversos sectores, así como las posibles interacciones, tanto positivas como negativas, con otras medidas; en el sector salud, esta posición es imperante. Este sector necesita liderar la planificación de la adaptación en la salud y trabajar con otros sectores con el objetivo de lograr beneficios para el bienestar. En la evaluación debe considerarse la inclusión de los factores ambientales, económicos y sociales que sopesen el valor propio de la adaptación (Magrin, 2015).

La **Tabla 16.6** expone el interés y compromiso que los diversos países tienen ante el tema de la salud humana, claramente manifestada en las Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Muestra información obtenida de las Comunicaciones Nacionales a la CMNUCC de los países RIOCC, con excepción de Venezuela, donde ha sido difundida a nivel nacional, pero el Gobierno no la ha entregado oficialmente a la convención. La atención a las medidas de adaptación puede ser superficial en algunos países, en particular en aquellos que tienen pocas comunicaciones nacionales; además, cada país responde a su manera. En dichos informes se destaca la atención a las ETV, así como los Sistemas de alarma temprana (SAT). «No adaptación puntual» significa que menciona el término «adaptación», pero no se refiere a una en particular.

En la adaptación al cambio climático y la salud en la región se identifican principalmente medidas reactivas. Ya la OPS (2018a; 2018b) señaló en su día la falta de recursos humanos y financieros, así como de capacitación técnica en el sector salud de la región. De aquí la necesidad de fortalecerlo para que pueda aumentar la capacidad de los países y de los mecanismos de integración a diver-

Tabla 16.6. Países que han incluido la salud y la adaptación en su Comunicación Nacional ante la CMNUCC. Fuentes: elaboración propia según las comunicaciones nacionales presentadas a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de los países RIOCC.

País	Número de comunicación	Año de presentación	Medida de adaptación
Argentina	3.ª	2015	No adaptación.
Bolivia	2.ª	2009	No adaptación puntual.
Brasil	3.ª	2016	Metodología para identificar y priorizar adaptación.
Chile	3.ª	2016	Dengue, promoción y educación en salud; mejoramiento de la capacidad de respuesta institucional a emergencias; mejoramiento de la respuesta a enfermedades emergentes y reemergentes asociadas al cambio climático.
Colombia	3.ª	2017	Calidad del aire, agua, zoonosis, enfermedades vectoriales.
Costa Rica	3.ª	2014	No adaptación.
Cuba	2.ª	2015	No adaptación.
Ecuador	2.ª	2011	No adaptación.
El Salvador	3.ª	2018	Plan integrado de adaptación en materia de salud, seguridad laboral, alimentaria y nutricional a implementarse en el periodo 2018-2025.
España	7.ª	2017	Creación del Observatorio de Salud y CC; Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud; integración de los servicios climáticos en el ámbito de la salud pública.
Guatemala	2.ª	2015	Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAS), Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS), malaria, dengue, sistemas de alerta temprana, vigilancia de brotes.
Honduras	2.ª	2010	Control de vectores; mejora de la disponibilidad y calidad del agua para consumo humano; prevención de enfermedades de origen hídrico; prevención de impactos por olas de calor, en particular en poblaciones vulnerables; concienciación sobre los impactos de las olas de calor y la prevención de enfermedades de origen hídrico.
México	6.ª	2018	SAT para dengue; SAT para padecimientos relacionados con el cambio climático; estrategia de adaptación al cambio climático para la prevención y atención de los impactos sanitarios en la población vulnerable; Programa de Acción Específico de Atención de Urgencias Epidemiológicas y Desastres.
Nicaragua	2.ª	2008	Reducir la inseguridad alimentaria; mejorar el acceso a los centros de salud.
Panamá	2.ª	2011	Indirectamente, abastecimiento de energía solar que satisfaga a las instalaciones de salud.
Paraguay	3.ª	2016	Fortalecimiento de capacidades institucionales a nivel nacional y local; mejora de la vigilancia epidemiológica; promoción de la participación de la sociedad civil y otros actores.
Perú	3.ª	2016	Control vectorial de la malaria; reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres; herramienta de análisis de la rentabilidad de la inversión basada en beneficios para la salud.
República Dominicana	3.ª	2017	Se propone desarrollar en el futuro un sistema de pronóstico de condiciones climáticas para dengue.
Uruguay	4.ª	2016	Nuevos sistemas de alerta temprana y nuevos seguros hidrometeorológicos; estrategias de monitoreo para detección de larvas del vector del dengue.
Venezuela	2.ª	2017	Vigilar y controlar la malaria y otras enfermedades en las zonas endémicas; creación de un observatorio epidemiológico para estructurar los mecanismos preventivos, de seguimiento y evaluación ante eventos climáticos; generar sistemas de alerta temprana; gestión integral de riesgo en el sector salud a nivel nacional.

sos niveles para tener una participación comprometida en los Planes Nacionales de Adaptación al Cambio Climático (PNAD), en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y se pueda planificar una adaptación exitosa a medio y largo plazo.

16.4.2. Actividades de adaptación planificada

16.4.2.1. Escala supranacional

El programa colombiano de migración laboral temporal y circular entre España y Colombia involucró a más de 1.500 personas que recibieron capacitación técnica y servicios financieros para acceder al mismo. Las familias favorecidas fueron las afectadas por eventos extremos. La migración propició el envío de remesas para ayudar a recuperar las áreas dañadas. Esta cooperación internacional priorizó las poblaciones más vulnerables y las comunidades rurales, además de la capacitación en liderazgo y desarrollo local de las mujeres, contribuyendo potencialmente al desarrollo sostenible a largo plazo en la región (IOM, 2014).

El proyecto Estrategias basadas en el ecosistema e innovaciones en las redes de gestión del agua para la adaptación al cambio climático en paisajes de Latinoamérica fue liderado por la UE (Cesefor, 2019) y llevado a cabo en Argentina, Bolivia y Chile. Su objetivo fue incidir en procesos de gestión del agua con el fin de promover el desarrollo local y reducir la vulnerabilidad de las poblaciones. El proyecto pretendió fortalecer capacidades, intercambiar conocimientos, prevenir y atenuar conflictos, y promover el trabajo conjunto con actores clave a nivel local y nacional (Magrin, 2015).

El Programa Regional Andino para el Fortalecimiento de los Servicios Meteorológicos, Hidrológicos, Climáticos y el Desarrollo fue implementado por el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño para instrumentar un SAT para inundaciones en comunidades locales. El sistema se enfocó en las cuencas Suches-Titicaca (Bolivia) y Catamayo-Chira (Ecuador-Perú). Una de las fortalezas de esta propuesta fue la interacción de autoridades, instituciones encargadas de la respuesta y miembros de la comunidad, que trabajaron de forma articulada y consensuada (CIIFEN, 2017).

16.4.2.2. Escala nacional y subnacional

Argentina está enfocada en mejorar el sistema de salud frente al cambio climático; evaluar la redistribución de vectores; estimar la distribución futura de transmisión de enfermedades ante escenarios climáticos; fortalecer los sistemas de monitoreo de impactos en la salud asociados; priorizar los aspectos sanitarios en el tratamiento de emergencias frente a eventos extremos (OPS, 2018a), y analizar el impacto en las ramas de productividad y de servicios con relación a salud ocupacional como una acción dentro del marco de preparación de la Estrategia 2012-2017 del país y con el apoyo de financiación internacional (Ludeña *et ál.,* 2012). Se está trabajando en el Sistema de Mapas de Riesgo del Cambio Climático como herramienta que identifique los riesgos y permita evaluar su incremento (OPS, 2018a).

Brasil tiene un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático que incluye una estrategia sectorial de salud y está elaborando iniciativas para implementar programas de adaptación en salud. Entre sus principales actividades está aumentar la resiliencia de su infraestructura. Se pretende evaluar los beneficios colaterales para la salud de las políticas de mitigación del cambio climático (WHO y UNFCCC, 2015a). Se propone instrumentar la red de estudios e investigación en Cambio Climático y Salud con el Observatorio Nacional de Clima y Salud (OPS, 2018a).

El país tiene la meta de ampliar el alcance del Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua Potable para llegar al 85 % de los municipios brasileños en 2019. Además, plantea lineamientos para la adaptación basada en comunidades, enfocándose principalmente en las personas con menos recursos (Ministry of Environment, 2016).

El Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Salud de Chile propone diversas acciones, entre las cuales están el fortalecimiento de la institucionalidad y el capital humano; la vigilancia enfocada en medición continua y estandarizada de indicadores; la promoción de la salud de manera que mejore la calidad de vida a través de un aumento de factores de protección; la mejora de la capacidad de respuesta institucional a situaciones de emergencia por eventos asociados al clima; la disminución de la vulnerabilidad, fortaleciendo la capacidad de adaptación de grupos vulnerables; asegurar la respuesta institucional ante modificaciones en la morbilidad y mortalidad debidas a enfermedades emergentes y/o reemergentes y la educación y el empoderamiento de la ciudadanía en aspectos del cambio climático y sus efectos en salud a nivel nacional y regional para poder instrumentar medidas de respuesta (Ministerio de Salud y Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

Colombia ha llevado a cabo una evaluación nacional de los impactos del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación para la salud; además, está instrumentando proyectos sobre adaptación. Entre las acciones que está llevando a cabo destacan el fortalecimiento de capacidades institucionales; mejoramiento de infraestructura básica; educación sobre cambio climático para cambios de conducta; SAT para ETV; estimación de costos para promover la resiliencia en salud (WHO y UNFCCC, 2015b), y el Boletín Clima y Salud para informar sobre alertas climáticas y sus consecuencias para la salud (Ministerio de Salud y Protección Social, 2019). El Ministerio de Salud formulará e implementará planes sectoriales de adaptación al cambio climático y planes de acción sectorial de mitigación. El Fondo Adaptación de Colombia podrá estructurar y ejecutar proyectos integrales de reducción del riesgo y adaptación al cambio climático en el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y en coordinación con los respectivos sectores (MINSALUD, 2016).

El Ministerio de Salud de Costa Rica se ha asociado con otros sectores, tales como agua para consumo humano, seguridad alimentaria, infraestructura, servicios de salud, investigación académica y cámaras empresariales (OPS, 2018b). Entre las acciones emprendidas destacan la atención primaria a la

salud; vigilancia epidemiológica de enfermedades relacionadas con el cambio climático; manejo integrado de vectores; mejora de la atención de enfermedades cardiovasculares, respiratorias, infecciosas y alergias; disminución de enfermedades diarreicas por contaminación de alimentos; fortalecimiento del acceso y calidad del agua para consumo humano; atención a eventos hidrometeorológicos, y el acceso a alimentos y la calidad de los mismos (Álvarez-Vergnan, 2015).

En Cuba, uno de los temas de mayor interés es seguir fortaleciendo el sistema nacional de prevención de desastres, incorporando medidas de adaptación específicas al comportamiento de las amenazas y su interacción con el medio ambiente (Medio Ambiente, 2015).

En El Salvador destacan acciones para fortalecer la infraestructura sanitaria a través de letrinas elevadas para viviendas en comunidades inundables y otras medidas enfocadas en el suministro y calidad del agua, apoyadas por un programa de educación y sensibilización (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013).

En España, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático se enfoca en la generación de conocimiento sobre la evaluación del efecto del cambio climático en la salud bajo los distintos escenarios, el desarrollo de SAT, el reforzamiento de programas de vigilancia y control de ETV, y el fortalecimiento de la concienciación y participación ciudadana (Ministerio de Medio Ambiente, 2006; Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2018). El éxito del Plan Nacional de Actuaciones Preventivas por Altas Temperaturas se fundamenta en una buena coordinación entre los servicios meteorológicos, sanitarios y sociales, y un buen conocimiento de los umbrales de temperaturas asociados a la mortalidad por calor (Comisión Interministerial, 2018). También existe el Plan Nacional de Preparación y Respuesta frente a ETV, cuyo objetivo es disminuir riesgos y reducir al mínimo el impacto global particular de enfermedades que se consideran emergentes (Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2016).

Guatemala enfoca sus acciones en la producción de alimentos para autoconsumo y subsistencia, así como en aquellas que propician reducir las víctimas por desastres y en instrumentación de prácticas para manejo del agua de consumo humano (Consejo Nacional de Cambio Climático, Secretaría de Planificación y Programación, 2016). También plantea la implementación del Plan de Acción de Hospitales Seguros, apoyado por la creación de diversos mecanismos financieros para rehabilitar la infraestructura de salud (Consejo Nacional de Cambio Climático, Secretaría de Planificación y Programación, 2016).

Honduras ha definido tres líneas de adaptación, que son: promover e implementar medidas de adaptación con base en mediciones de vulnerabilidad de la salud frente a la variabilidad y al cambio climático; fortalecer capacidades nacionales y locales ante emergencias, desastres por fenómenos meteorológicos y epidemias de gran alcance, y fortalecer la atención primaria en salud para mejorar la capacidad adaptativa de las comunidades ante los riesgos climáticos (Secretaría de Salud, 2017).

En México, la Ley General de Cambio Climático establece la política nacional de adaptación. Existe el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático y el sector salud conformó el Grupo de Trabajo de Cambio Climático y Salud a nivel federal (Gobierno de la República, 2016). Entre los compromisos está un SAT con información epidemiológica de padecimientos relacionados con el cambio climático; mejorar la cooperación y la coordinación dentro y entre sectores; capacitar a tomadores de decisiones, personal técnico y operativo; desarrollar indicadores y sistemas complejos, y estimar costos para implementar la resiliencia de la salud (WHO y UNFCCC, 2015c).

Nicaragua plantea la vigilancia y control de vectores para eliminar malaria y reducir leishmaniasis y dengue (PNUD, 2010) a través del Modelo de Salud Familiar y Comunitaria. La propuesta de Política Nacional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (Cerón, 2019) incluye lineamientos de política que promuevan acciones familiares y reducción de vulnerabilidad a desastres; promoción de la investigación y vigilancia sobre el impacto en salud, y el desarrollo de SAT para controlar enfermedades y establecer programas extendidos en los servicios de salud pública, incluyendo formación de recursos humanos.

Paraguay propone capacitar a profesionales del sector salud para que puedan adaptarse a las necesidades; mejorar la vigilancia epidemiológica mediante la capacitación del personal del primer nivel Unidad de Salud Familiar y Difusión con campañas de información y prevención de enfermedades sensibles al cambio climático, y promocionar redes de salud con la participación de la sociedad civil (Secretaría del Ambiente, 2011).

Perú ha identificado los principales problemas en el tema de cambio climático y salud, entre los que resaltan los siguientes: i) el incremento de riesgos y efectos sobre la salud de la población por ocurrencia de peligros asociados al cambio climático; ii) la limitada capacidad de respuesta de los servicios de salud frente a los riesgos asociados al cambio climático, y iii) el incremento en la inseguridad de la infraestructura sanitaria de los establecimientos de salud ante riesgos asociados al cambio climático. La Ley Marco sobre Cambio Climático respalda la gestión integral del cambio climático, siendo uno de sus instrumentos las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés) (Congreso de la República, 2018). Estas NDC en el tema de la salud establecen un conjunto de productos, medidas y metas de adaptación enfocados en población, servicios e infraestructura. La meta es reducir la exposición y la sensibilidad, así como aumentar la capacidad adaptativa de cada grupo de interés vulnerable a los peligros asociados al cambio climático. Para lograrla se han propuesto 14 medidas de adaptación con indicadores, líneas de base y metas (Gobierno de Perú, 2018). La adaptación debe articularse con acciones que provienen del sector de gestión de riesgos de desastres (Ministerio de Medio Ambiente, 2016b).

Si bien ya existía en Lisboa, Portugal, un SAT para olas de calor, se ha establecido el Plan de Contingencia de Ola de Calor, que funciona cada año, cubriendo el territorio continental. El plan difunde alertas diarias que señalan las medidas de protección durante estos periodos (Climate-ADAPT, 2018).

En República Dominicana se reconoce la necesidad de fortalecer los sistemas nacionales y locales de salud para enfrentar los riesgos del cambio climático a través de la concienciación y mejor conocimiento de sus efectos en la salud, además del fortalecimiento para la prevención, recuperación y respuesta de los servicios de salud, hospitales seguros y resilientes (Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales, 2016).

A continuación, se mencionan algunas medidas adoptadas a nivel subnacional.

En Colombia, mediante la identificación de la vulnerabilidad al cambio climático, se han formulado 11 planes de adaptación regionales específicos, concentrándose en las áreas más vulnerables (WHO y UNFCCC, 2015b). El Ministerio de Salud y el Instituto Nacional de Salud implementan una estrategia piloto de adaptación para malaria (Poveda *et ál.,* 2011) en San José del Guaviar, Buenaventura, Montelíbano, Puerto Libertador y Guapi, y para dengue, en Barranquilla, Armenia y Bucaramanga (INAP, 2011).

En Chile se diseñaron medidas para controlar el vector del dengue y estrategias integradas para su prevención y control en zonas vulnerables (Ministerio de Medio Ambiente, 2016a).

En México se han planteado medidas de adaptación en salud en 11 estados y 21 municipios (Delgado-Ramos *et ál.,* 2015). Se pretende optimizar la gestión de los recursos hídricos en 5 estados del Sureste (SEMARNAT, 2018a).

Panamá se enfoca en desarrollar programas regionales de salud pública para malaria, dengue, cisticercosis, fiebre amarilla y cólera, y en fortalecer los planes de saneamiento de agua a partir de necesidades regionales (Autoridad Nacional del Ambiente, Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Salud, Sistema Nacional de Protección Civil, 2011).

En la **Figura 16.4** se señalan las principales acciones de adaptación identificadas, países en donde se ha llevado a cabo la acción y región a la que pertenecen, el factor climático determinante, el ámbito geográfico, así como sus características y estado de la acción.

16.4.2.3. Escala local o municipal

En Brasil, se eligieron los municipios con más de 250.000 habitantes que tenían una tasa de riesgo alto o muy alto. Este enfoque incorpora el factor población para guiar la elaboración de políticas de adaptación y reducir el riesgo en áreas vulnerables (Ministry of Science, Technology and Innovation, 2016).

En Ecuador se pretende mejorar el agua y el saneamiento para la Parroquia El Huambi como una acción dentro del marco de preparación de la Estrategia 2012-2017 del país. Su objetivo es facilitar el acceso a servicios sanitarios básicos y promover cambios de comportamiento que propicien la autogestión local (Ludeña y Wick, 2013).

Guatemala propone fortalecer los diferentes niveles de atención de salud en zonas vulnerables y la vigilancia epidemiológica y capacitar al personal de salud en municipios vulnerables (Consejo Nacional de Cambio Climático y Secretaría de Planificación y Programación, 2016).

En México se trabaja en implementar en los municipios una estrategia de comunicación educativa sobre efectos del cambio climático en la salud con enfoque de género (SEMARNAT, 2014); fortalecer la infraestructura y servicios de salud pública, evaluando la infraestructura de las unidades médicas en sitios de alto riesgo, y se proponen criterios de vulnerabilidad en la planeación y construcción de infraestructura sanitaria (COFEPRIS, 2012). En los Planes de Acción Climática Municipal se han incluido medidas de participación educativa para olas de calor, ETV, enfermedades diarreicas y prevención de desastres en nueve municipios. En el estado de México se plantea mejorar el SAT para riesgos emergentes, incrementar los servicios de salud en zonas vulnerables de algunos municipios; mejorar la disponibilidad y calidad del agua y la seguridad alimentaria, y actualizar permanentemente el atlas municipal de riesgos (SEMARNAT, 2018b). El municipio de Atzalan, Veracruz, propone acciones de adaptación al reducir la vulnerabilidad del sector social mediante la cobertura universal en salud y que los asentamientos humanos se ubiquen en zonas de bajo riesgo de acuerdo con el atlas municipal de riesgo. En Mérida, Yucatán, se promueve la participación comunitaria en el cuidado de la salud, además de brindar servicios médicos básicos, preferentemente a los más vulnerables, combatir al vector del dengue, chikunguña y zika con brigadas de control larvario, y la promoción y prevención de la salud (SEMARNAT, 2018b).

Paraguay está interesado en formar agentes de salud que puedan responder a nivel de distrito a situaciones de eventos extremos, así como fortalecer las capacidades locales para la prevención sanitaria en comunidades, como la comunicación de riesgos asociados a salud y cambio climático (Secretaría del Ambiente, 2017).

En Perú se reportan medidas de adaptación para el control vectorial de la malaria y una agricultura más sana y sostenible; también el tema de salud indígena y adaptación al cambio climático en Loreto, Ucayali; SAT para heladas: monitoreo, tecnología y pronóstico en Arequipa; transferencia tecnológica para mejorar la salud, y confort térmico y seguridad en viviendas de zonas de clima frío, aplicada al hábitat altoandino de la región Puno (Ministerio de Medio Ambiente, 2016b).

16.4.3. Actividades de adaptación autónoma

Los habitantes de la comarca Palo de Lapa de la alcaldía de León en Nicaragua solicitaron la construcción de un sis-

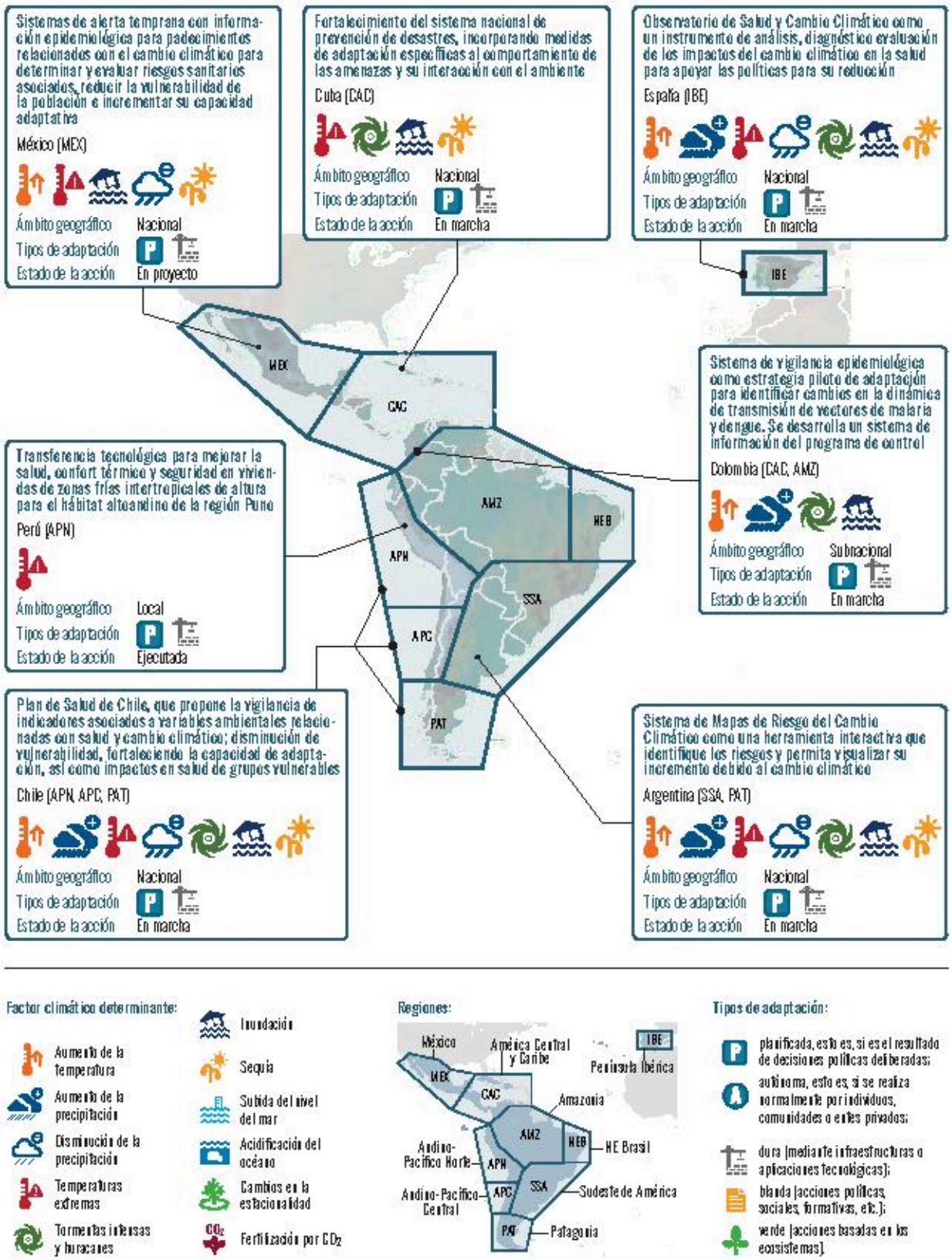


Figura 16.4. Mapa de acciones de adaptación implementadas en el ámbito de la salud. Fuente: elaboración propia.

tema de agua potable en su comunidad y se ofrecieron a participar en diversas actividades relacionadas con la construcción del sistema. El Ayuntamiento de Zaragoza aprobó dicha construcción y con el apoyo financiero de diversas agencias se amplió el proyecto hasta Los Pocitos. También se construyeron 16 biojardineras que permiten tratar aguas grises a pequeña escala, evitar los charcos por su descarga y disminuir el riesgo de enfermedades infecciosas (ECODES, 2012).

En el Cantón Plan del Mango, municipio Rosario de Mora, en El Salvador, se llevó a cabo una Iniciativa comunitaria para proveer agua potable y saneamiento, dado que la comunidad tenía un gran reto para enfrentar la escasez de agua para consumo humano y cultivos, pues es uno de los cantones más lejanos del área urbana y en la zona no hay ríos. Los habitantes conformaron la Junta de Agua, cuyo objetivo fue suministrar agua potable a las viviendas de la comunidad, y proporcionaron la mano de obra para construir las instalaciones. La financiación se obtuvo de fondos internacionales (Rostros, Voces y Lugares de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2009).

Bahía Ballena es una comunidad en el Pacífico de Costa Rica con un buen acueducto, pero insuficiente. La población tiene un crecimiento constante y muchas veces enfrenta carencia de agua. Los habitantes decidieron instalar canoas que dirigieran el agua de lluvia del techo hacia un tanque de 450 litros (Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos) y se distribuyera a diversas áreas de la casa. El agua recolectada es de buena calidad y se considera apta para actividades domésticas, riego, así como abrevadero de animales. De acuerdo con la Asociación Administradora del Sistema de Acueductos y Alcantarillados Comunal del país y la evidencia científica respecto a los escenarios del cambio climático, la recomendación es «reutilizar y reciclar, en especial el agua de lluvia, sobre todo en zonas donde se espera que las precipitaciones vayan a disminuir o ser esporádicas» (Latin Clima, 2019).

En la costa de Gardi Sugdub, Panamá, donde habita la población indígena guna, se presenta sobrepoblación y un escaso terreno disponible, y ante la amenaza del aumento en el nivel del mar, la población está organizando su cambio al sur del puerto de Cartí para crear una nueva comunidad y está siendo apoyada por el Gobierno para la construcción de viviendas (Pressly, 2017).

16.5. Barreras, oportunidades e interacciones

Según un informe de la OPS (2018a), el sector salud en general ha participado de forma limitada en el proceso de desarrollo de los planes nacionales de adaptación al cambio climático. Parte del problema se da por la falta de capacitación técnica y limitaciones de recursos humanos y financieros en los Ministerios de Salud.

La escasa presencia de trabajo interdisciplinario e intersectorial propicia que las medidas de adaptación puedan tener grandes limitaciones que restrinjan su efectividad desde un punto de vista integral y analítico.

Dada la compleja interacción del sector salud con gran parte de los otros sectores, no siempre cuenta con la información necesaria en cuestión de calidad y forma de presentar las variables de interés que necesita para elaborar la propuesta, e instrumentar y evaluar las medidas de adaptación.

Las dos principales respuestas ante el cambio climático son adaptación y mitigación. Ambas medidas pueden estar interrelacionadas y ayudar a reducir los riesgos del cambio climático.

Las fuentes que emiten los GEI y las de los diversos contaminantes atmosféricos son prácticamente las mismas, de tal manera que las medidas de mitigación que reducen las emisiones de este tipo de gases o el uso de combustibles fósiles también disminuyen los contaminantes que causan los diversos y reconocidos efectos dañinos y letales para la salud.

El planteamiento para las medidas de adaptación en salud y de mitigación que ofrezcan cobeneficios debe estar fundamentado a través de la participación no solo del sector salud, sino también de aquellos sectores cuyas funciones y decisiones afectan a la salud (Moreno, 2006).

Las instalaciones de salud pueden emitir GEI en proporción importante para un país. Por ejemplo, en Brasil, los hospitales son responsables del 10,6 % del consumo comercial total de energía (Health Care without Harm, 2019). Por consiguiente, el sector salud también puede desempeñar un papel esencial en la mitigación al disminuir su propia huella climática.

Por esta razón, se reconoce que los edificios que son eficientes en el consumo de energía pueden reducir su demanda y la salud se puede beneficiar. Como respuesta, la OPS (PAHO, 2017) ha diseñado una guía para que los establecimientos de salud puedan volverse «inteligentes» a través de combinar su seguridad estructural y operacional con intervenciones positivas para disminuir las emisiones de CO_2 y con una buena relación costo-beneficio. Estas acciones también permitirían que clínicas y hospitales pudieran subsanar el impacto de cortes frecuentes de energía eléctrica de forma natural o por eventos extremos (OMS, 2019c).

En concordancia con los escenarios de una subida de temperatura de 1,5 °C, si se disminuye la proporción de carbón en el suministro de energía, se reduciría la contaminación del agua y se mejoraría la calidad del aire y por consiguiente la salud, en particular en las zonas urbanas. En cuanto a las medidas de mitigación para los sistemas agrícola y alimentario pueden tener beneficios colaterales al promover dietas más saludables y sostenibles (Ebi *et ál.,* 2018).

Para enfrentar exitosamente los cambios que surgen a nivel ambiental, social y económico, se necesitan nuevos e ingeniosos enfoques y herramientas. Por ejemplo, la forma en

que se plantea alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 (ODS), en la que son fundamentales la ciencia, la tecnología y la innovación, así como una asociación de múltiples partes interesadas y mecanismos de cooperación entre los países. La **Figura 16.5** muestra las interacciones entre medidas de adaptación, su asociación con diversas variables ambientales y sociales, además de los ODS y el Marco de Sendai.

Como la cuestión del cambio climático es un tema complejo y de economía global, se requiere de una respuesta multisectorial e interdisciplinaria y esto es más evidente al analizar los efectos en la salud. Al ir de un enfoque multidisciplinario a uno interdisciplinario se promueve el entendimiento de las múltiples vías que unen los diversos cambios ambientales resultantes del cambio climático y sus efectos en la salud. Una de las prioridades es identificar la resiliencia del sector salud y a partir de ahí priorizar las estrategias de adaptación y mitigación con cobeneficios (Workman *et ál.,* 2018).

16.6. Medidas o indicadores de la efectividad de la adaptación

El objetivo de los indicadores debe ser definir lo necesario para preparar y mejorar la gestión para el rango geográfico, estacionalidad e incidencia de los resultados en salud asociados al clima. Estos indicadores pueden dar elementos para priorizar las medidas de adaptación y mitigación con cobeneficios. Algunos indicadores pueden dar fundamentos para un análisis económico que permita hacer evaluaciones de costo-beneficio. Es posible definir indicadores de gestión e indicadores de resultados, los primeros centrados en lo cualitativo y los segundos más cuantitativos. Se propone establecer líneas de base que midan el éxito de las actividades de adaptación en salud a través de indicadores mínimos consensuados junto con formas de verificación.

Un ejercicio de interés fue el del grupo The Lancet Countdown (Watts *et ál.,* 2019), que propuso un grupo de indicadores para identificar el progreso de las medidas de adaptación, planificación y resiliencia en salud. A continuación, se presentan los indicadores:

- Planificación y evaluación de la adaptación.
  - Planes nacionales de adaptación para la salud.
  - Evaluaciones nacionales de los impactos del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación para la salud.
  - Evaluaciones de riesgo de cambio climático a nivel de ciudad.
- Servicios de información climática para la salud.
- Entrega e implementación de propuesta de adaptación.
  - Detección, preparación y respuesta a las emergencias de salud.
  - Aire acondicionado: beneficios y daños.
- Gasto en adaptación para la salud y actividades relacionadas con esta.

Las medidas de adaptación en salud son propuestas en los planes nacionales de adaptación al cambio climático de los países. Los indicadores deben ser formulados por el sector salud para hacer un seguimiento y evaluación que permita orientar su futuro desarrollo. Los sectores relacionados con salud podrán aportar indicadores que apoyen las medidas de adaptación en salud, como el hídrico. Contar con indicadores que sean comunes para los diversos proyectos permitirá realizar comparaciones y evaluaciones futuras (Ebi y Otmani del Barrio, 2015).

Cada país debe proponer que sus indicadores evalúen el alcance de los objetivos propuestos en las medidas de adaptación que han sido instrumentadas a nivel nacional, regional o local. Esto permitirá que los indicadores provean buena información para la toma de decisiones. Entre los países que plantean indicadores de los impactos en salud están Brasil, Colombia, España y México (Barcellos *et ál.,* 2016; Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2016; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017; COFEPRIS, 2012).

16.7. Casos de estudio

En la **Figura 16.6** se presenta una matriz de los casos de estudio con información resumida de cada uno de ellos.

16.7.1. Enfermedades transmitidas por vectores (ETV). Retos y opciones de adaptación en Bolivia con énfasis en la región del Chaco

16.7.1.1. Resumen del caso

Los impactos directos e indirectos del cambio climático sobre la salud asociados a los determinantes socioeconómicos, ambientales y culturales están haciendo compleja la atención sanitaria de las enfermedades transmitidas por vectores. El control de los determinantes reduciría la carga de las patologías y promovería la adaptación. Sin embargo, gran cantidad de determinantes no son responsabilidad del sector salud. El objetivo del caso fue identificar las opciones de adaptación al cambio climático para el dengue a partir de los enfoques de ecosalud y cuencas e influir en las políticas públicas en el Chaco boliviano. Con este fin, se diseñó una metodología participativa inter y transdisciplinaria para abordar el grado de responsabilidad del sector salud, de otros sectores no sanitarios y del cambio climático mismo en la vulnerabilidad ante el dengue como base para la adaptación. Se estableció

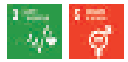
Acciones de adaptación [1]	Mitigación	Prevención degradación tierras	Protección ecosistemas y biodiversidad	Seguridad alimentaria	Salud	Reducción de la pobreza	Agua	ODS [2]	Sendai [3]
Sistema de alerta temprana para olas de calor	○	○	○	○	●	○	●		4
Sistema de alerta temprana para tormentas	○	○	○	○	●	●	●		1 2 3 4
Sistema de alerta temprana para eventos de frío	○	○	○	○	●	●	●		4
Sistema de vigilancia epidemiológica para identificar cambios en la dinámica de transmisión de vectores de enfermedades	○	○	●	○	●	●	●		1 4
Observatorio Nacional de Salud y Cambio Climático para responder a eventos climáticos ante actividades de prevención, seguimiento y evaluación	○	○	○	○	●	●	●		1 4
Promoción y educación para la salud que incluyan cambio climático	○	○	●	●	●	●	●		2 4
Reducir la vulnerabilidad y mejorar atención de emergencias por desastres	○	○	○	●	●	●	●		1 4
Sistema de mapas de riesgos por cambio climático	○	○	○	●	●	●	●		1 3 4
Fortalecimiento de infraestructura de salud	●	○	○	○	●	●	○		4
Programa de fortalecimiento para el acceso y calidad del agua para consumo humano	○	○	○	○	●	●	●		4
Adaptación a partir de los cobeneficios de mitigación	●	○	○	○	●	○	○		4
Fortalecimiento de infraestructura sanitaria a través de letrinas elevadas para viviendas de comunidades inundables	○	○	○	○	●	●	●		4
Fortalecimiento en concienciación y participación ciudadana en actividades relacionadas con el cambio climático y sus implicaciones en la salud humana	○	○	○	●	●	●	●		4

Figura 16.5. Interacciones en el ámbito de la salud entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. *(Continúa en la página siguiente).*

[1] Para cada una de las medidas se valoraron, según el criterio de los autores, los distintos parámetros señalados en la tabla (como la mitigación u otros aspectos del desarrollo). Las interacciones se señalaron con círculos verdes (● ● ●) en el caso de los cobeneficios; con círculos rojos (● ● ●) en el caso de los antagonismos y contraindicaciones; o con un punto gris (●) en el caso de interacción neutra o no detectada. El tamaño de los círculos verdes y rojos indica mayor o menor grado de interacción (ya sea de cobeneficio o de antagonismo).

Además, para cada una de las medidas, se señalaron las interacciones con respecto a los ODS y Sendai.

[2] Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS-1, erradicación de la pobreza;
- ODS-2, hambre cero y agricultura sostenible;
- ODS-3, salud y bienestar;
- ODS-4, educación de calidad;
- ODS-5, igualdad de género;
- ODS-6, agua limpia y saneamiento;
- ODS-7, energía limpia y asequible;
- ODS-8, trabajo decente y crecimiento económico;
- ODS-9, infraestructura de innovación;
- ODS-10, reducir las desigualdades;
- ODS-11, ciudades y comunidades sostenibles;
- ODS-12, producción y consumo responsables;
- ODS-13, acción contra el cambio climático mundial;
- ODS-14, vida en el agua;
- ODS-15, vida terrestre;
- ODS-16, paz, justicia e instituciones eficaces;
- ODS-17, asociaciones y medios de ejecución.

[3] Prioridades del Marco Sendai: ❶ comprensión del riesgo de desastres; ❷ fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres para la gestión del riesgo de desastres; ❸ invertir en la reducción del riesgo de desastres para aumentar laresiliencia; ❹ mejorar la preparación ante los desastres para una respuesta eficaz y «reconstruir mejor» en la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Figura 16.5. Interacciones en el ámbito de la salud entre acciones de adaptación y otros aspectos del desarrollo. Fuente: elaboración propia. *(Continuación).*

la vulnerabilidad sanitaria actual y futura al cambio climático para el dengue, y se cuantificó la responsabilidad del sector salud y otros para plantear opciones integrales de adaptación que fueron priorizadas participativamente. Asimismo, se generó el Plan de Adaptación Estratégica de Salud para el Cambio Climático, cuya implementación ya ha comenzado, incluyendo además chikunguña y zika como nuevas enfermedades emergentes en el área del proyecto y transmitidas por el mismo vector.

16.7.1.2. Introducción a la problemática del caso

El cambio climático está produciendo modificaciones ecosistémicas, favoreciendo la extensión geográfica y altitudinal de las ETV. En Bolivia, los modelos que proyectaban cambios en la distribución espacial de la leishmaniasis cutánea (Magrin *et ál.,* 2007) se han confirmado y se ha incrementado la distribución desde su primera evaluación (Aparicio-Effen, 2000). El cambio de 0,85 °C entre la línea de base y el clima actual proporcionó hábitats adecuados para la aparición de malaria por encima de 2.615 m s.n.m., a 50 km al este del lago Titicaca (Aparicio-Effen *et ál.,* 2007), confirmando su extensión altitudinal. El *Triatoma infestans* (transmisor del Chagas) está expandiéndose a bosques secos, y el dengue desde Santa Cruz de la Sierra, donde debutó, se ha ampliado al Chaco, valles y bosques húmedos de pie de monte, sumándoseles chikunguña y zika en años recientes.

En 2007, Bolivia aprobó el Mecanismo Nacional de Adaptación (MNACC-PNCC), un plan estructural de respuesta a los impactos de la variabilidad y el cambio climático, que incluye salud y otros cuatro sectores, con seis estrategias de adaptación y enfoque intersectorial. En 2013, se promulgó la Ley de la Madre Tierra, que incluye el cambio climático (artículo 32) y el Mecanismo de Adaptación para Vivir Bien (artículo 56). En 2015, se aprobó el Plan Estratégico Institucional del Ministerio de Salud (PEI, 2016-2020), que considera la gestión de riesgos y el cambio climático y delega su implementación en la Unidad de Salud Ambiental y en los Servicios Departamentales de Salud. Siguiendo esa línea, era necesario generar metodologías inter y transdisciplinarias para evaluar la vulnerabilidad sanitaria al cambio climático para ETV específicas, que evidencien los roles sectoriales de salud y otros en las modificaciones epidemiológicas generadas por el cambio climático, a fin de dirigir una adaptación sustentada en evidencias científicas y priorización participativa.

16.7.1.3. Descripción del caso

El Proyecto Cambio Climático, Vulnerabilidad y Salud en Bolivia, financiado por el International Development Research Center, evaluó la vulnerabilidad sanitaria actual y futura al cambio climático para el dengue (VCC_{DEN}) en los municipios de Machareti, Camiri, Yacuiba, Villamontes y Carapari de la cuenca del río Pilcomayo. El objetivo general fue «identificar opciones potenciales de adaptación al cambio climático para la salud desde los Enfoques de Cuencas y Ecosalud para incidir en políticas públicas».

La ausencia de metodologías con dichos enfoques y que abarcasen otros sectores actuaron como retos, por lo que se

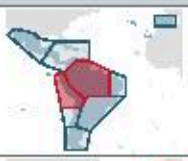
Título del caso	País/es	Región/es	Factor climático determinante	Ámbito geográfico	Tipos de adaptación	Aplicabilidad
Enfermedades transmitidas por vectores. Retos y opciones de adaptación en Bolivia con énfasis en la región del Chaco	Bolivia			Subnacional		Regional
Días de calor	España			Municipal		Municipal
Adaptación y resiliencia de comunidades vulnerables a inundaciones	México			Municipal/local		Local
Sistema de aviso de aeroalérgenos en España. A propósito de la aerobiología, Red Palinocam y su interés para la salud pública	España			Local		Local
Adaptación para seguridad alimentaria y nutrición en el Corredor Seco	Guatemala, El Salvador y Honduras			Supranacional		Municipal/local, nacional



Figura 16.6. Caracterización de los casos de estudio (salud). Fuente: elaboración propia.

construyó la Metodología de Evaluación de la Vulnerabilidad Sanitaria al Cambio Climático, desde los Enfoques de Ecosalud y Cuencas (MHVA), que incorpora las disciplinas como dimensiones de vulnerabilidad, influidas por factores de vulnerabilidad para construir la VCC_{OEN}. Se desenvuelve en un ámbito espacial (cuenca) y temporal de cambio (clima histórico/actual = Delta 1 y actual/escenarios de cambio climático = Delta 2). Las dimensiones epidemiológica, hidrológica, social, ambiental, física, antropológica y económica agrupan variables sectoriales analizadas inter y transdisciplinariamente, además de la capacidad adaptativa sectorial. Una matriz de correlaciones múltiples y coeficientes parametrizados de regresión permitió obtener la VCC_{OEN} clasificada en baja, media, alta y muy alta. Se implementó un sistema de gestión de conocimiento (GCO), una estrategia de comunicación y un proceso de incidencia política para lograr «cambios para la adaptación» y posicionar el tema en la agenda social y política.

Las temperaturas máximas y mínimas en los últimos 30 años en Yacuiba mostraron aumentos significativos óptimos para reducir el periodo de transición larva-adulto y un mayor

tiempo de replicación vectorial. El 12 % de decremento de la precipitación reduce los caudales y genera acopio de agua, proveyendo nuevos criaderos al vector; provoca deterioro ecosistémico por sequías e incendios forestales, con impactos sobre la biodiversidad y la salud, y ocasiona una modificación gremial de aves urbanas, que prima las omnívoras en detrimento de las insectívoras. Las plantas ornamentales urbanas ofrecen hábitats al *Aedes*. Las debilidades de los sectores de vivienda, agua, residuos sólidos, educación, asociadas a conductas humanas no preventivas hacen que la VCC_{DEN} actual sea alta en áreas urbanas y periurbanas de Yacuiba (**Figura 16.7**). La VCC_{DEN} para el periodo 2020-2030 cambiará de alta a muy alta.

La Metodología de Opciones de Adaptación (MPOA) priorizó participativamente las siguientes medidas:

- Agua segura para evitar criaderos por acopio doméstico.
- Gestión integral de residuos sólidos para reducir potenciales focos de proliferación vectorial.
- Mejoramiento de la gestión de áreas protegidas para la preservación de áreas de recarga de agua y ecosistemas forestales.
- Sistema sanitario de alerta bioclimática para dengue en Yacuiba para alertar y abortar brotes.
- Gestión de aguas residuales para eliminar criaderos de mosquitos.
- Fortalecimiento de la capacidad de adaptación sectorial e intersectorial para reducir la VCC_{DEN}.

La generación de evidencias, ovitrampas, difusión y movilización para el dengue se amplió al chikunguña y zika, nuevas enfermedades que comparten el mismo vector y ahora la misma área. Finalmente, se diseñó el Plan de Adaptación Estratégica de Salud para el Cambio Climático, iniciándose su implementación.

16.7.1.4. Limitaciones e interacciones

1. Persistente y tradicional enfoque orientado a la enfermedad, que prioriza la atención del daño y no la adaptación, con limitaciones en infraestructura, personal desmotivado y planificación obsoleta, que se traduce en servicios de regular calidad, insuficiente cobertura geográfica y poca respuesta a los riesgos emergentes del cambio climático.
2. Desarticulación entre generación y análisis de la información recopilada por los servicios de meteorología con la información epidemiológica como factor agravante de la situación actual bajo escenarios de cambio climático.
3. Reducido número de estudios en profundidad de los determinantes en salud, emergentes de la variabilidad y el cambio climático, particularmente en zonas alejadas de las capitales, que dificulta la adaptación sanitaria.
4. Respuesta limitada de los diferentes sectores a los requerimientos del sector salud para el control de las enfermedades y reducidas capacidades de dicho sector para promover la intersectorialidad e incidir en los determinantes de la salud, incluido el clima.

El cambio climático está coadyuvando a la presentación de enfermedades nuevas y emergentes, modificando y haciendo complejos los perfiles epidemiológicos locales, lo que no se traduce en un incremento de presupuesto, por lo que los niveles operativos deben atender a un mayor número de casos y enfermedades con los mismos recursos y capacidades.



Figura 16.7. Vulnerabilidad (VCC_{DEN}) actual del área periurbana de Yacuiba (Chaco boliviano). Resultado de la aplicación de la MHVA y de la correlación múltiple, representada mediante los signos positivo («+ + +», valores de correlación positiva entre 80-90 %; «+ +» correlación positiva entre 60-79 %, «+» correlación positiva entre 50-59 %) y negativo («- - -», valores de correlación negativa entre 80-90 %, «- -», correlación negativa entre 60-79 %; y «-», valores de correlación negativa entre 50-59 %). Fuente: elaboración propia.

16.7.1.5. Lecciones identificadas

La MVHA demostró que las diferencias en la vulnerabilidad se derivan de factores climáticos y no climáticos, siendo estos últimos el resultado de desigualdades multidimensionales producidas por un proceso de desarrollo dispar e inequitativo, al que se suman limitaciones sectoriales de salud y otros en cuanto a su capacidad adaptativa que deben ser encarados integralmente para promover la adaptación.

La evaluación de la vulnerabilidad y el inicio simultáneo de la adaptación son la respuesta clave a la posición de algunos actores que señalan que no se puede esperar a los resultados de estudios para actuar (adaptación) y a los que indican que no se puede actuar sin conocimiento de la vulnerabilidad.

La mejor visibilidad de las debilidades de los otros sectores y su corresponsabilidad en la presentación de las ETV permiten encarar integralmente y con mayores posibilidades de éxito la adaptación sanitaria al cambio climático.

El cambio climático es un tema aún con muchas lagunas de conocimiento, por lo que los proyectos que generen evidencia científica, propongan y promuevan la selección participativa de medidas de adaptación y se traduzcan en políticas tienen mayor receptividad local y oportunidades de cambio.

La implementación del sistema de GCO en proyectos de investigación/acción permite mejorar la calidad de los resultados y contar con documentación y valoración de hechos relevantes con las que medir los cambios logrados por el proyecto.

La generación de espacios de información, motivación y reflexión con la población genera una respuesta positiva, porque las personas afectadas consideran que se encuentran acompañadas en su lucha y motivadas para conseguir cambios significativos.

La relación con los medios de comunicación apoya las actividades de investigación y promueve las medidas y planes de adaptación al cambio climático.

La interacción de los actores ubicados en el mapa del proyecto (control, influencia e interés) motivó cambios, posibilitando el establecimiento de procesos sostenibles a corto y medio plazo.

16.7.2. Plan de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas Sobre la salud del Ministerio de Sanidad (España)

16.7.2.1. Resumen del caso

Desde el año 2004 en España se está implementando cada verano el Plan de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud (MSCBS, 2019). Este plan se basa en la determinación para cada provincia de cuál es la temperatura a partir de la cual debe activarse basándose en las características socioeconómicas y demográficas de cada lugar, no solo en criterios climáticos. Se conocen claramente los grupos de especial susceptibilidad y se integran actuaciones en servicios sanitarios, sociales y de prevención de riesgos laborales. Este tipo de actuaciones, junto con la concienciación social, ha creado la denominada cultura del calor, que ha hecho que la mortalidad por calor en España haya bajado un 90 % en los últimos 15 años. El caso muestra cuál ha sido la evolución de este fenómeno desde 2003.

16.7.2.2. Introducción a la problemática del caso

La ola de calor ocurrida en Europa en agosto de 2003 dejó un exceso de mortalidad en Europa de 70.000 personas (Fouillet *et ál.,* 2006), de las que 6.600 ocurrieron en España (Martínez *et ál.,* 2004). La prácticamente inexistencia de planes de prevención ante altas temperaturas hizo a los países del oeste y sur de Europa especialmente vulnerables ante esta ola de calor. Este hecho llevó a que diferentes Ministerios de Sanidad europeos, entre ellos el de España, articulasen planes de prevención que fuesen efectivos a partir del verano de 2004. Fue de particular importancia identificar los grupos de especial vulnerabilidad, así como las medidas de actuación a articular y, lo que es más importante, determinar las temperaturas a partir de las cuales sería necesario activar dichos planes, es decir, lo que viene a ser la definición de ola de calor desde el punto de vista de impacto en salud.

Se trata de seleccionar qué variable de la temperatura (máxima, mínima o media diaria) y qué indicador de salud (mortalidad diaria, ingresos hospitalarios urgentes, visitas de atención primaria) para establecer a partir de qué valor de la variable independiente se detecta un impacto en la variable de salud seleccionada.

Según las investigaciones realizadas, antes del verano de 2003 en España (Díaz *et ál.,* 2002a; Díaz *et ál.,* 2002b; Tobías *et ál.,* 2010) y Portugal (García *et ál.,* 2005) se conocía que la variable meteorológica que presentaba un mejor comportamiento a la hora de describir los impactos sobre la mortalidad diaria era la temperatura máxima diaria. La temperatura máxima diaria a partir de la cual comenzaba a aumentar la mortalidad diaria variaba de unas ciudades a otras y, en los cuatro casos analizados de Madrid (36,5 °C), Barcelona (30,5 °C), Sevilla (41 °C) y Lisboa (30 °C) coincidía con el percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias de los meses de verano (junio-septiembre). Por tanto, si se generaliza este comportamiento para el resto de las ciudades españolas, se definirá ola de calor cuando la temperatura máxima diaria supere la temperatura a la que corresponde el percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias de los meses de verano del observatorio

meteorológico de referencia de esa provincia. Será a partir de esa temperatura cuando se activen los planes de prevención ante altas temperaturas. Una ola de calor será tanto más intensa cuanto más se separen las temperaturas máximas diarias de la temperatura de definición de ola de calor (Díaz *et ál.,* 2006).

16.7.2.3. Descripción del caso

Esta definición de ola de calor tiene un componente exclusivamente climático. Es evidente, desde el punto de vista del impacto en salud, que debe de haber otros factores además de la temperatura que influyen en el impacto que las olas de calor tienen sobre la mortalidad. Si el grupo de mayores de 65 años es el de mayor impacto de una ola de calor, parece lógico pensar que la pirámide de población de cada ciudad debe afectar a la temperatura de definición de ola de calor y a su impacto (Montero *et ál.,* 2012). También influye la existencia de infraestructuras acondicionadas al calor; la existencia o no de aire acondicionado, el sistema sanitario y otra serie de factores a nivel de construcción de edificios son clave a la hora de la determinación de estos impactos (López-Bueno *et ál.,* 2019). Es decir, desde el punto de vista de salud no tiene sentido que la definición de ola de calor dependa exclusivamente de factores climáticos, sino que hay que incluir estos factores que claramente van a incidir en el impacto del calor sobre la salud (Montero *et ál.,* 2012). Operativamente eso se traduce en que hay que calcular la temperatura de definición de ola de calor para cada ciudad basándose en cuándo comienza a aumentar la mortalidad por calor para ese lugar. Con esta premisa se calculó para cada capital de provincia española cuál es esa temperatura (Díaz *et ál.,* 2015b). Esta temperatura en algunos casos coincide con el percentil 95, pero en la inmensa mayoría de las ocasiones está por debajo o está por encima de ese percentil.

Desde el año 2014 el plan de prevención ante altas temperaturas de España se activa cuando la temperatura máxima diaria supera esta temperatura umbral así calculada. Otro factor clave a la hora de la activación de los planes de prevención es la determinación de los grupos de especial susceptibilidad. No solo son los niños y los mayores de 65 años en general y las mujeres en particular los más afectados por el calor (Díaz *et ál.,* 2015b). También se sabe que las altas temperaturas influyen en la exacerbación de síntomas de enfermedades neurodegenerativas como Parkinson o Alzheimer y en el ingreso hospitalario de personas con estas patologías durante las olas de calor (Linares *et ál.,* 2016). Existen estudios recientes que relacionan el aumento de los partos prematuros y casos de bajo peso al nacer con episodios de altas temperaturas (Arroyo *et ál.,* 2016); por tanto, este grupo de población debe incluirse en los especialmente vulnerables en olas de calor. También, las personas más desfavorecidas, como personas que duermen al aire libre y personas con problemas de alcoholismo, son especialmente susceptibles ante el calor. Por último, hay que destacar que las personas que trabajan al aire libre expuestos a altas temperaturas son grupos especialmente vulnerables. De hecho, el único grupo de edad en el que ha aumentado la mortalidad por calor en los últimos años en España es en el de 18-45 años (Díaz *et ál.,* 2015b).

16.7.2.4. Limitaciones e interacciones

La mortalidad atribuible al calor en España ha bajado de cerca de un 14 % en media de incremento de la mortalidad por cada grado en que se supera la temperatura de definición de ola de calor en el periodo 1983-2004 (Díaz *et ál.,* 2018). Obviamente no solo es la implementación de planes de prevención, sino también un cúmulo de factores que han hecho que el problema del calor se visibilice, y la población sea consciente de los riesgos y se proteja ante ellos, lo que ha generado esta nueva percepción del problema, que se ha denominado «cultura del calor» (Bobb *et ál.,* 2014) y que engloba no solo mejoras sanitarias y de prevención, sino también mejoras sociales y de urbanismo y de percepción del riesgo. Todo ello ha hecho que este impacto del calor haya bajado de forma drástica. Esto no ha ocurrido, sin embargo, para el caso del frío (Díaz *et ál.,* 2019), pese a tener exactamente los mismos condicionantes sociales, sanitarios y demográficos, pero con la única diferencia de que no existen planes de prevención contra el frío. Por tanto, aunque no se puede afirmar que la implementación de los planes de prevención ante las altas temperaturas es la causa del descenso de la mortalidad por calor observada en España y en otros lugares del mundo, sí se puede decir que su instauración ha llevado a una sensibilización social ante el problema que no existía con anterioridad.

16.7.2.5. Lecciones identificadas

Puede decirse que la implementación de los planes de prevención con una determinación a nivel provincial de la temperatura de definición de ola de calor o de activación del plan ha tenido una repercusión clara en la disminución de la mortalidad atribuible al calor en España desde su puesta en práctica. Este descenso se debe no solo a las medidas de actuación que se activan cuando entra en funcionamiento el plan o la mejora de las infraestructuras urbanas y sanitarias, sino fundamentalmente a la concienciación social que se ha producido como consecuencia del impacto mediático que lleva consigo la activación de dichos planes. Pensamos que el diseño de estos planes a nivel provincial con una clara identificación de los grupos especialmente vulnerables, la incorporación de servicios no solo sanitarios, sino también sociales, la inclusión de las altas temperaturas en la prevención de riesgos laborales y, sobre todo, la concienciación social han sido clave para explicar este descenso de cerca del 90 % de la mortalidad por calor en España en 15 años.

16.7.3. Adaptación y resiliencia de comunidades vulnerables a inundaciones en Veracruz (México)

16.7.3.1. Resumen del caso

Veracruz es un estado mexicano con un alto riesgo de inundaciones. Este caso consiste en un trabajo llevado a cabo con estudiantes de bachillerato cuyas localidades son afectadas con frecuencia por ciclones y tormentas tropicales. A través de la evaluación de su vulnerabilidad y capacidades de resiliencia se fomentaron medidas de adaptación mediante talleres participativos, cuyos resultados pueden ser útiles en estrategias educativas y comunicativas sobre adaptación al riesgo de inundaciones en comunidades con características semejantes.

16.7.3.2. Introducción a la problemática del caso

La Universidad Veracruzana, a través del Instituto de Investigaciones en Educación, ha formulado una línea de educación y cambio climático en la que se han desarrollado varios proyectos de investigación-intervención desde 2010. De ese modo se atendieron poblaciones de estudiantes universitarios (González-Gaudiano y Maldonado, 2013 y 2104), población adulta en cuencas hidrológicas vulnerables (Ávila y González-Gaudiano, 2015; González-Gaudiano y Maldonado, 2017), docentes de educación básica (Maldonado *et ál.,* 2017) y más recientemente estudiantes de nivel bachillerato (Bello *et ál.,* 2016). Los estudios emprendidos estuvieron inscritos en el marco del proyecto internacional Respuestas Educativas y Sociales al Cambio Climático (RESCLIMA) (EDU2015-63572-P), que se lleva a cabo en universidades de cinco países, México, Brasil Portugal, Italia y España, y es liderado por este último a través de la Universidad de Santiago de Compostela.

El caso de estudio presentado aquí corresponde al de jóvenes de bachillerato. Se desarrolló en los municipios de La Antigua, Tlacotalpan y Cotaxtla, localizados en la zona centro del estado de Veracruz, México. El estado cuenta con 745 km de litoral en el golfo de México. Estos municipios, entre otros, son afectados en forma periódica por fenómenos hidrometeorológicos (ciclones y tormentas tropicales), que derivan en inundaciones recurrentes (Tejeda *et ál.,* 2012; Tejeda y Betancourt, 2012). El estudio tuvo como propósito conocer la vulnerabilidad y las capacidades resilientes ante fenómenos climáticos con el fin de producir estrategias que pudieran contribuir a fortalecer la resiliencia comunitaria. Nuestra orientación implicó investigación e intervención para generar conocimiento y ofrecer a la comunidad medidas de adaptación aplicables en estos municipios vulnerables.

16.7.3.3. Descripción del caso

Participaron en el estudio jóvenes de bachillerato (entre 15 y 18 años). Se trata de un sector poblacional que ya conoce las dinámicas culturales de su población de adscripción, se distingue por su proactividad y empatía, así como por presentar menos resistencia a proporcionar información en estudios sociales, lo que se confirmó tanto en la encuesta como durante los talleres. Además, los jóvenes muestran gran disposición para involucrarse en tareas de auxilio y recuperación ante contingencias ambientales, por lo que pueden constituirse en agentes de cambio en sus comunidades.

La etapa inicial de la investigación consistió en aplicar una encuesta para levantar la percepción de los jóvenes relativa a la vulnerabilidad y resiliencia comunitaria, así como el registro de información de campo y documentales acerca del riesgo físico frente a inundaciones en estas localidades. Además, realizamos entrevistas semiestructuradas a actores clave locales (directores de bachillerato, ediles, personal de protección civil y de salud) a fin de triangular información y profundizar en datos relacionados con vulnerabilidad social y resiliencia comunitaria. Los resultados están reportados en varias de las publicaciones ya señaladas y otras en proceso.

La segunda etapa del estudio consistió en realizar una serie de talleres en cada localidad, además de otros organizados en la sede del Instituto de Investigaciones en Educación, en la ciudad de Xalapa, Veracruz. El objetivo de los talleres fue construir estrategias de trabajo colaborativo sobre problemáticas locales y sus posibles soluciones a partir de los resultados del estudio y la difusión de información sobre algunos problemas ambientales. La discusión gravitó en torno al cambio climático por ser un fenómeno global que afecta a estas localidades de distintas formas, agudizando problemas socioambientales seculares, entre otros, enfermedades vectoriales tales como zika, chikunguña y dengue, así como Chagas y enfermedad de Lyme.

16.7.3.4. Limitaciones e interacciones

Las limitaciones del caso derivan principalmente de la cantidad de estudiantes participantes en los talleres, particularmente el que celebramos fuera de las localidades implicadas; podría haber sido mayor si se hubiera contado con los recursos financieros suficientes. De igual forma, esta misma limitación ha impedido dar seguimiento *in situ* de forma periódica a las actividades que las escuelas están promoviendo en las respectivas comunidades, así como valorar las respuestas de la población en su conjunto.

Después de haber visitado las localidades para realizar los talleres con estos grupos de jóvenes en las instalaciones educativas, se invitó a un grupo más reducido de jóvenes de cada bachillerato (34 en total), acompañados por algunos profesores, a participar en un taller intensivo durante tres días en las instalaciones del Instituto en Xalapa.

Los talleres señalados fueron impartidos por profesores universitarios e investigadores expertos en temas de cambio

climático, salud y medio ambiente; se contó también con la participación de representantes de diversas dependencias gubernamentales, como la Secretaría del Medio Ambiente, de Protección Civil y de Salud.

Las actividades realizadas brindaron información adicional, permitieron la reflexión colectiva sobre problemas locales y posibles formas de atenderlos, y dinamizaron acciones orientadas a fomentar la participación de los jóvenes y de otros actores en el fortalecimiento de la adaptación y la resiliencia comunitaria. Los talleres, en particular el de Xalapa por haber sido más intensivo y direccionado, generaron el interés por establecer redes intra e intercomunitarias de apoyo ante contingencias ambientales derivadas del cambio climático, para lo cual los jóvenes se comprometieron a gestionar recursos con actores de gobierno para dar seguimiento a medidas que disminuyeran su vulnerabilidad social e incrementasen sus capacidades resilientes.

16.7.3.5. Lecciones identificadas

Los jóvenes identificaron las fortalezas y limitaciones, así como el potencial de sus respectivas localidades al analizar los aprendizajes sociales de las experiencias vividas, en especial el cambio en el riesgo subjetivo. Ahora otorgan mayor importancia que antes a la necesidad de adaptarse para enfrentar los cambios en las condiciones de riesgo de inundación no como sucesos episódicos, sino como procesos de largo alcance para los que hay que estar preparados. De la calidad de ese aprendizaje dependerá el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria para encarar de mejor manera las contingencias ambientales que padezcan, así como para desarrollar procesos de recuperación más efectivos y eficaces, sin depender tanto de la capacidad de gestión de parte de las autoridades responsables a niveles estatal y local, que, como está registrado, al menos en estos municipios es bastante precaria. Es evidente que se trata de una experiencia enmarcada en la adaptación a eventos extremos derivados del cambio climático que puede ser de interés para los países que integran la RIOCC, puesto que se enfoca en desarrollar capacidades para prevenir daños y pérdidas, recuperarse de los impactos, aprender de situaciones pasadas y gestionar sus propios procesos comunitarios en materia de riesgos, así como propiciar la seguridad de las personas expuestas, anticipando condiciones de vulnerabilidad futura.

16.7.4. Sistema de aviso de aeroalérgenos en España mediante la Red Palinocam

16.7.4.1. Resumen del caso

El polen ha sido objeto de interés científico desde hace muchos años porque provoca lo que se conocía como «la fiebre del heno» y hoy es denominada alergia polínica o polinosis. Las alergias (y el asma) tienen actualmente importantes repercusiones tanto sanitarias como económicas. La Red Palinológica de la Comunidad de Madrid (Red Palinocam) nació con la vocación de aportar información al sector sanitario asistencial y a los pacientes con el objeto de mejorar su prevención y la acción diagnóstica y terapéutica.

16.7.4.2. Introducción a la problemática del caso

El aumento de la temperatura de la superficie terrestre, tal como pronostican los escenarios del cambio climático, favorecería el crecimiento de las plantas, elevándose las concentraciones máximas atmosféricas de polen y aumentando los periodos de polinización como consecuencia del adelanto de las fechas de inicio de esta y por ser los inviernos más benignos (Gutiérrez *et ál.,* 2012). La vigilancia del polen en España cuenta con varias redes que están vinculadas a diferentes fines, uno de los cuales son los programas de salud pública. Es el caso de la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid (Red Palinocam), que nació vinculada al Programa de Prevención y Control del Asma en esta Comunidad (Gutiérrez *et ál.,* 2012).

Según la World Allergy Organization (2012), la prevalencia de las enfermedades alérgicas va en aumento importante en todo el mundo tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo. Se estima en un 30-40 % la población mundial afectada por alergias. Los factores determinantes son la contaminación atmosférica, el aumento de temperaturas y el polen. En la Comunidad de Madrid, según datos del Informe de Salud de 2016, la tasa de morbilidad hospitalaria se sitúa en 70,3 (x 100.000) (Consejería de Sanidad, 2016).

16.7.4.3. Descripción del caso

La Red Palinocam cuenta con 11 captadores: Alcalá de Henares, Alcobendas, Aranjuez, Collado Villalba, Coslada, Getafe, Las Rozas, Leganés, Madrid (Arganzuela, Salamanca y Ciudad Universitaria). La ubicación de los puntos de muestreo se hizo teniendo en cuenta las características fitogeográficas del territorio y distribución de la población.

a. Objetivos de la red:

- Identificar y cuantificar los tipos polínicos existentes en la atmósfera cada época del año.
- Informar de los niveles de polen y su predicción a corto plazo al sistema sanitario, a los pacientes y a la población.

b. Metodología de trabajo:

- Cada estación aerobiológica está equipada con un captador volumétrico tipo Hirst, que realiza un muestreo continuo de las partículas atmosféricas, obteniendo una muestra diaria, e identifica y cuenta los granos de polen presentes en la muestra.

- La identificación se basa en la morfología de estas partículas; como resultado del análisis de cada muestra se obtiene una relación de tipos morfológicos de polen (espectro diario y anual) cuantificados mediante el valor medio diario de estas partículas por metro cúbico de aire (n.º granos de polen/m^3 de aire).
- Cada estación aerobiológica remite sus resultados de manera informática al centro coordinador.
- El centro de coordinación edita boletines con toda la información y elabora proyecciones a corto plazo de los tipos polínicos más relevantes desde el punto de vista sanitario
- Difusión de la información: web, SMS y correos electrónicos.

c. Constitución técnico-jurídica de la red:

La participación de diferentes laboratorios municipales de los ayuntamientos de la Comunidad de Madrid, Facultad de Farmacia e instituciones privadas aconsejó la creación de un Comité de Expertos del que formaban parte todas las instituciones implicadas, con una Dirección Científico-Técnica en la Facultad de Farmacia y una coordinación desde la Dirección General de Salud Pública de la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid.

Métodos de difusión de la información:

a. Boletín aeropalinológico. Contiene la información de gramíneas y totales más las dos especies predominantes en cada época del año (**Figura 16.8**).
   - Se envía, por correo electrónico, a los equipos de atención primaria y a los servicios hospitalarios (urgencias, pediatría, alergología y neumología), a la Comisión de Asma y a las Sociedades Científicas, a la Red Palinocam, a la Agencia Estatal de Meteorología y a los medios de comunicación.
   - Se difunde por la web y las redes sociales institucionales.

b. Proyecciones de niveles diarios.
   - Se hacen proyecciones de los tipos polínicos más alergénicos: cupresáceas, plátano de sombra, gramíneas y olivo.
   - Se envían por SMS y mediante correo electrónico cuando se espera que los niveles sean elevados,

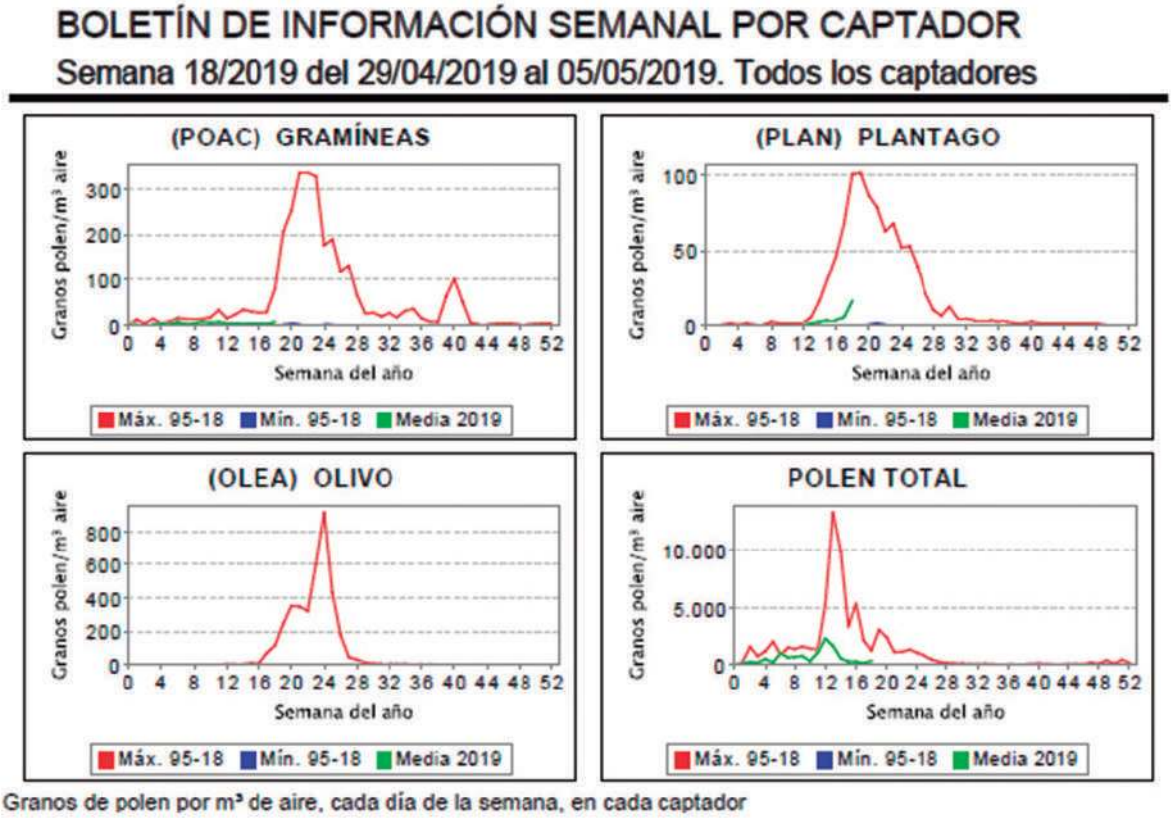


Figura 16.8. Caracterización de los casos de estudio (salud). Fuente: elaboración propia.

mediante mensajes de aviso y consejos para minimizar la exposición.

- El cálculo de los niveles se realiza en función de los percentiles para cada uno de los tipos polínicos, lo que responde a un criterio aerobiológico, que resulta de mayor idoneidad para calcular la exposición poblacional.
- Actualización diaria de la web y las redes sociales con los últimos datos disponibles, los informes de los tipos polínicos, los captadores y la predicción a corto plazo.

16.7.4.4. Limitaciones e interacciones

Una de las principales limitaciones es que se desconoce la utilidad real que está teniendo la información en el sector sanitario (atención primaria y especializada) porque no se han propiciado encuentros de intercambio técnico. Sin embargo, por las respuestas a las encuestas de satisfacción que emiten los usuarios particulares de forma voluntaria la información está muy bien valorada (90,8 %), sumando las respuestas «bien» y «muy bien». Se podría dar una interacción positiva haciendo llegar esta información también a las farmacias comunitarias, cuya cercanía al paciente (alérgicos y asmáticos en este caso) es muy grande y podrían orientarles en las medidas preventivas.

16.7.4.5. Lecciones identificadas

El trabajo interdisciplinario entre médicos y enfermeras asistenciales, farmacéuticos (botánicos) de las facultades de farmacia, farmacéuticos comunitarios, laboratorios municipales y Administración sanitaria es un buen ejemplo de abordaje de problemas de salud vinculados a la adaptación al cambio climático.

16.7.5. Adaptación para seguridad alimentaria y nutrición en el Corredor Seco en América Central (Guatemala, Honduras, El Salvador)

16.7.5.1. Resumen del caso

La grave inseguridad alimentaria y nutricional que ha afectado al Corredor Seco debida a las recurrentes sequías entre 2014-2016 ha sido paliada principalmente por la ayuda humanitaria distribuida por los gobiernos y actores de cooperación internacional (FAO, 2016) a través de intervenciones intersectoriales de los servicios de salud, nutrición, protección social y agricultura, entre otros. Con el objetivo de reducir el impacto de futuros eventos climáticos extremos en la seguridad alimentaria y nutricional, se han llevado a cabo programas de resiliencia en Guatemala, El Salvador y Honduras para fortalecer las capacidades de gestión de riesgos de desastres de las autoridades nacionales y locales, y establecer sistemas de información y alerta temprana. En América Central se han identificado como buenas prácticas a la atención integral en caso de sequía el establecimiento de sitios centinela para identificar familias afectadas por inseguridad alimentaria y facilitar la asistencia de servicios de nutrición, la implementación de sistemas de recolección de agua de lluvia, la mejora de sistemas de gestión y administración de recursos de agua, el establecimiento de bancos de semillas y uso de semillas de ciclo corto y adaptadas a sequía, y la implementación de sistemas agroforestales y planes de contingencia municipal e incidencia en los sistemas subnacionales y nacionales para la gestión de riesgos por la sequía, entre otros.

16.7.5.2. Introducción a la problemática del caso

América Central se ha visto afectada por factores climáticos, incluidos cambios en la temperatura y el nivel del mar, retraso en el inicio de la temporada de lluvias y una mayor irregularidad e intensidad de las precipitaciones (IPCC, 2013). Las disminuciones en las precipitaciones o los aumentos en la evapotranspiración han llevado a intensificar la sequía en América Central (IPCC, 2011). El Corredor Seco en esta zona, en particular Guatemala, Honduras y El Salvador, ha experimentado una de las peores sequías de los últimos 10 años, lo que ha resultado en millones de personas afectadas por inseguridad alimentaria y nutricional (FAO, 2016) (**Figura 16.9**). La falta de lluvia desde mediados de 2014 ha provocado la pérdida de cultivos de granos básicos y la muerte de miles de cabezas de ganado en los tres países. A finales de junio de 2016, el impacto de El Niño en la seguridad alimentaria y la nutrición de las poblaciones vulnerables tras la pérdida de dos cosechas consecutivas fue dramático. Como resultado, 3,5 millones de personas han necesitado asistencia humanitaria, con 1,6 millones de personas afectadas por inseguridad alimentaria en El Salvador, Guatemala y Honduras (FAO, 2016). Las poblaciones más vulnerables a la sequía son las comunidades rurales y familias de agricultores de subsistencia, trabajadores y agricultores sin tierra que tienen ingresos bajos y acceso limitado a servicios básicos de salud, nutrición y educación, y dificultades para adquirir la canasta básica de alimentos (FAO, 2016). La CEPAL (2018) ha señalado que la población rural dedicada a labores agrícolas se ha visto forzada a migrar fuera de la región debido a la sequía y otros fenómenos. La reducción significativa de la producción agrícola pone en riesgo las reservas de alimentos, disminuye la diversidad de la dieta y el consumo de energía de la población afectada y aumenta los casos de desnutrición en niños menores de cinco años (FAO, 2016).

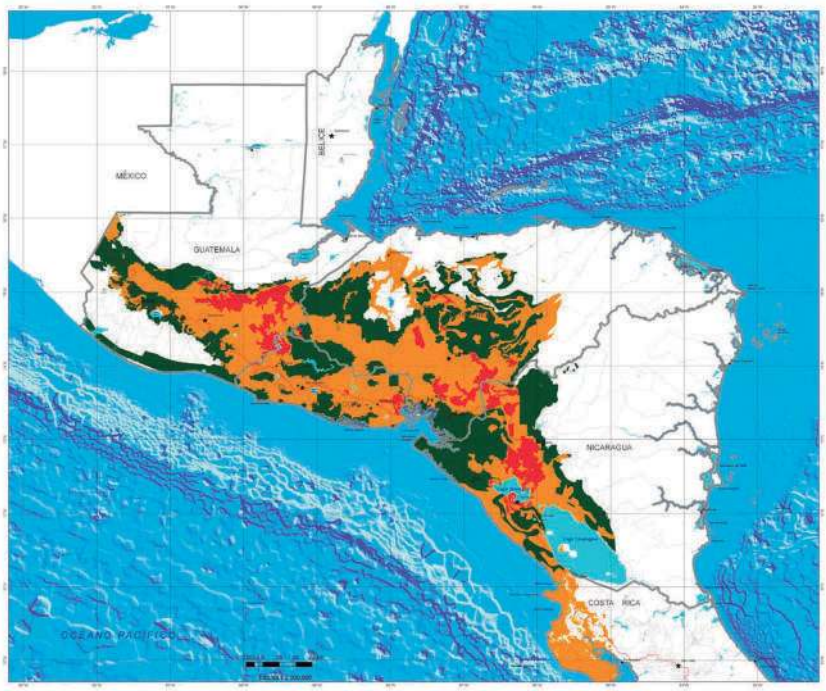


Figura 16.9. Mapa de grados de exposición a la sequía en el Corredor Seco centroamericano. Leyenda de colores: grado de sequía bajo (verde), medio (naranja) y grave (rojo). Fuentes: PREVDA, SRTM90, GEBCO, CCADA y CATHALAC.

16.7.5.3. Descripción del caso

Las sequías recurrentes en el Corredor Seco entre 2014-2016 han impactado gravemente la seguridad alimentaria y nutricional y han requerido ayuda humanitaria internacional. El establecimiento de un Fondo Especial para Actividades de Emergencia y Rehabilitación en el Corredor Seco (p. ej., Guatemala y El Salvador) ha promovido acciones destinadas a reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de los medios de subsistencia en los sectores de agricultura, forestal, ganadería y pesca. En Guatemala, más de 150.000 familias ubicadas en comunidades rurales del Corredor Seco hicieron frente a la crisis alimentaria con ayuda humanitaria del Gobierno y agencias internacionales a través de los servicios de salud, de nutrición y protección social. En El Salvador, las agencias internacionales apoyaron al Ministerio de Agricultura y Ganadería en su estrategia a largo plazo para adaptar la agricultura local a los efectos del cambio climático. Se implementó un proyecto del Fondo Central de Respuesta a Emergencias para rehabilitar y diversificar la producción agrícola de casi 18.000 personas afectadas por la sequía (FAO, 2016). La asistencia se centró en el desarrollo de la capacidad local, la gestión del riesgo agroclimático y el apoyo a la investigación, innovación y transferencia de nuevas tecnologías para adaptación. En particular se ha apoyado la gestión sostenible de los recursos de agua locales y la propiedad de la tierra, la educación y la movilización de recursos para la adaptación, la mitigación y la resiliencia al cambio climático (FAO, 2016).

Uno de los logros en los países del Corredor Seco en América Central ha sido la integración del seguimiento de riesgos climáticos en el seguimiento de la seguridad alimentaria y la nutrición a través de la aplicación de la Clasificación Integrada de las Fases de la Seguridad Alimentaria (CIF), así como de la fase humanitaria de múltiples partes interesadas (FAO, IFAD, UNICEF, WFP y WHO, 2018). La CIF constituye un conjunto de instrumentos y procesos analíticos encaminado a estudiar y clasificar la gravedad de la inseguridad alimentaria aguda y crónica y específicamente diseñado para facilitar información práctica a las autoridades tanto en situaciones de emergencia como en contextos de desarrollo (FAO, IFAD, UNICEF, WFP y WHO, 2018).

16.7.5.4. Limitaciones e interacciones

La estrategia de respuesta tradicional de ayuda humanitaria a través de los servicios de nutrición y salud para reducir los impactos de la sequía cada vez que hay una emergencia es limitada y debe cambiarse por un abordaje de las causas estructurales de la pobreza y la inseguridad alimentaria para aumentar la resiliencia en el Corredor Seco de América Central. De hecho, la inseguridad alimentaria y nutricional crónica y sus causas estructurales se abordan mejor mediante redes de seguridad social predecibles, transferencias sociales, protección social o programas de desarrollo de medios de vida sostenibles, que a su vez exigen planificación a largo plazo (García-Arias, 2018).

El objetivo general de adaptación para la seguridad alimentaria y nutricional en el Corredor Seco es mejorar la resiliencia ante la sequía con un abordaje intersectorial a corto y largo plazo, estableciendo SAT y sitios centinela para identificar y facilitar intervenciones nutricionales, fortaleciendo los medios de subsistencia y el acceso al agua e incorporando la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático a nivel local, nacional y regional. La aplicación de la CIF y la fase humanitaria de múltiples partes interesadas no solo proporciona información práctica sobre las condiciones actuales, sino que también determina los factores de riesgo que han de vigilarse —como los regímenes de lluvias estacionales y la evolución de eventos climáticos como las sequías— y genera previsiones sobre la seguridad alimentaria a fin de fundamentar la alerta y acción tempranas (FAO, IFAD, UNICEF, WFP y WHO, 2018).

16.7.5.5. Lecciones identificadas

Las intervenciones frente a la sequía identificadas con base en experiencias anteriores en América Central y otros países de América del Sur, como Bolivia y Paraguay, incluyen el abordaje intersectorial para la preparación y mitigación de esos eventos, respuesta a la crisis, gestión de la información e institucionalización y políticas públicas (ECHO, 2014). La fase de preparación es crítica para establecer mecanismos de coordinación y se ha priorizado la elaboración de planes de contingencia comunal, los cuales son elaborados con conocimiento de las unidades de gestión de riesgo de los municipios (ECHO, 2014). La experiencia en el Corredor Seco demuestra que los costos de la respuesta de emergencia y la rehabilitación posterior a desastres exceden sustancialmente el precio de la reducción del riesgo y las medidas de mitigación tomadas antes del desastre (ECHO, 2014; 2017). El impacto del fenómeno de El Niño en la seguridad alimentaria y nutricional excede las capacidades de una sola organización o gobierno y requiere alianzas estratégicas a nivel intersectorial entre la comunidad internacional. Finalmente, una lección de suma importancia ha sido la integración del seguimiento de riesgos climáticos en el seguimiento de la seguridad alimentaria y la nutrición a través de la aplicación de la CIF y la fase humanitaria de múltiples partes interesadas.

16.8. Principales lagunas de conocimiento y líneas de actuación prioritarias

Para el año 2030 se estima que, en un escenario de emisiones medias/altas, el número de muertes adicionales en el mundo debidas al cambio climático sea de 250.000 en comparación con un escenario sin cambio climático, debido principalmente a una mayor incidencia de temperaturas extremas, diarrea, malaria y desnutrición infantil (WHO, 2014a). Es por ello por lo que se requiere que los países tomen prontamente el compromiso de reducir la vulnerabilidad y la exposición a los impactos actuales del cambio climático y establecer medidas de adaptación y mitigación con cobeneficios.

No siempre se cuenta con la información necesaria en cuestión de calidad y forma de presentar las variables de interés que necesita el sector salud para elaborar una propuesta, instrumentar y evaluar las medidas de adaptación, así como estimar costos y beneficios.

Al no contar con mapas de riesgo que identifiquen poblaciones y zonas vulnerables al cambio climático, es complicado priorizar medidas de adaptación que protejan a dichas poblaciones y aumenten la resiliencia; además se requiere mejorar el entendimiento de cómo incorporar los resultados de los escenarios en la salud humana, incluyendo incertidumbres.

Las medidas de adaptación instrumentadas deben ser evaluadas para reconocer fortalezas y debilidades, así como compartir la experiencia (McMichael *et ál.,* 2003).

Es necesario instrumentar y fortalecer políticas para combatir a la pobreza y la desigualdad; estimular la base comunitaria para el incremento del capital social, la movilización y la respuesta social e institucional, incluyendo una mayor inversión, para actualizar y mantener los programas de evaluación y atención del riesgo, promover la gobernanza y disminuir la desigualdad (CEPAL, 2013).

Las medidas de adaptación en el sector salud pueden ser exitosas si este se involucra activamente en la elaboración de los planes nacionales de adaptación al cambio climático, en los cuales se aborden las necesidades propias del sector salud humana y se planteen sus correspondientes estrategias a escala nacional/federal, estatal/provincial, municipal e individual.

Diversas medidas de adaptación deben enfocarse en aumentar la resiliencia a un rango de proyecciones climáticas futuras y así contribuir a mejorar la salud humana, el bienestar social y económico, los medios de subsistencia y la calidad ambiental (Moreno *et ál.,* 2015).

Un compromiso ineludible para enfrentar las medidas de adaptación a nivel país es el compromiso político institucional que el subsector salud ambiental de los Ministerios de Salud debe asumir ante las circunstancias actuales locales y mundiales relativas al cambio climático. Con frecuencia hay cambios de autoridades y directivos en algunos países quienes modifican las prioridades sanitarias institucionales diseñadas en este contexto. Para evitarlo, se propone que haya un ancla institucional (INAP, 2011) a largo plazo, como convenios, acuerdos y compromisos. En cuanto al sector salud, es recomendable poner énfasis en promover y facilitar a nivel de los otros sectores del quehacer nacional la coordinación e incorporación de la evaluación de los impactos adversos que las actividades de estos generan en el ambiente propio de su accionar, como ocurre con la contaminación, y que reconocidamente producen efectos negativos en la salud y el bienestar de las comunidades involucradas, tales como son, por ejemplo, sectores agrícola, industrial, minería, forestal, pesca, transporte y otros.

Una necesidad imperante es construir puentes entre los sectores de la salud, agua, saneamiento, energía, agricultura, forestal, transporte, economía, planificación, y otros; esto sentará las bases para lograr un empoderamiento de los gobiernos regionales y promover la autogestión y el liderazgo local (Álvarez-Vergnan, 2015).

La academia puede apoyar significativamente al sector salud para comprender mejor la correlación entre cambio climático y posibles cambios en la distribución de la morbilidad y la mortalidad y todas las variables involucradas, en particular la vulnerabilidad. Permitiría modelar y desarrollar escenarios de salud con una resolución a nivel nacional y regional para proponer medidas de adaptación y mitigación a través de cobeneficios para hacer frente a impactos presentes y futuros.

16.9. Conclusiones

Con el aumento de la temperatura, los países de la RIOCC seguirán padeciendo de enfermedades transmitidas por vectores, impactos por las olas de calor, problemas de calidad y abastecimiento de agua, inundaciones, incendios, sequías, mayores efectos por la contaminación atmosférica, alergias e inseguridad alimentaria. Las poblaciones más vulnerables son las personas con menos recursos, mujeres, niños, ancianos, indígenas y aquellas con enfermedades preexistentes, las cuales pueden sufrir riesgos que se tornen demasiado altos en el futuro, haciendo inviables los sistemas nacionales de salud de los que dependen, con el potencial de interrumpir la infraestructura pública principal y abrumar a los servicios de salud.

Iberoamérica ha sufrido durante décadas diversas enfermedades transmitidas por vectores e impactos de eventos extremos. Para enfrentarlos, los sectores de salud y seguridad han instrumentado diversos programas para su contención. Ante condiciones de cambio climático, estos esfuerzos deben ser reconsiderados con el objetivo de proponer medidas de adaptación en función de las nuevas condiciones de transmisión y frecuencia e intensidad de los eventos extremos y acorde con las nuevas poblaciones y lugares vulnerables.

A medida que ha transcurrido el tiempo y se ha ganado en experiencia, los sectores de salud de los diversos países están viéndose más involucrados en el tema de cambio climático, muchas veces apoyados por la academia y con la participación de agencias internacionales como la OPS. Esto propicia contar con procesos de capacitación y elementos técnicos para la propuesta e instrumentación de medidas de adaptación.

Los sistemas de monitoreo y vigilancia en muchos países actualmente no pueden proporcionar datos útiles sobre enfermedades sensibles al clima. Por lo tanto, los países menos desarrollados deberían fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica y ambiental respecto de enfermedades relacionadas con el clima. Entre otras necesidades se encuentran la mejora o modificación de los sistemas de salud, la introducción de nuevas intervenciones en salud, adaptación de infraestructura hospitalaria y la inversión para el cumplimiento de normas ambientales con hospitales inteligentes y seguros verdes.

A la hora de establecer medidas de adaptación en el ámbito de la salud es necesario valorar las amenazas, la exposición y vulnerabilidad al cambio climático. De este modo se podrán llevar a cabo estrategias de planificación y evaluación adecuadas, apoyadas con los recursos humanos, económicos y tecnológicos necesarios.

El compromiso público y político del sector salud es indispensable para poder establecer evaluaciones de vulnerabilidad, propuestas, instrumentación y evaluación de medidas de adaptación y mitigación con cobeneficios que sean acordes con el trabajo intersectorial y en un marco de lucha contra la pobreza y la desigualdad.

El sector salud debe trabajar activamente para lograr la cobertura universal de salud para 2030, de tal forma que se dé la base para cumplir con los compromisos propuestos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible para Hispanoamérica, lo que implica desde tener acceso a los servicios sanitarios básicos hasta viviendas seguras y servicios de salud accesibles y de calidad. Como resultado, es menos probable que las enfermedades o lesiones por eventos relacionados con el clima resulten en una grave morbilidad o mortalidad, especialmente en países de ingresos bajos y medios.

Se debe asegurar que haya una comprensión generalizada del cambio climático como un problema central de salud para poder tener una respuesta rápida a corto, medio y largo plazo, así como que este desafío se enfrente desde el punto de vista científico, técnico y político.

Preguntas frecuentes

1. ¿Cuáles son las principales debilidades que tienen los países RIOCC para adaptarse a los efectos del cambio climático en la salud humana?

El tema de cambio climático se ve como uno más de los tantos temas ambientales y es difícil darse cuenta de la forma en cómo los ecosistemas y sistemas naturales se ven afectados. Más complejo es detectar sus repercusiones directas e indirectas en la salud humana. El sector salud presenta debilidades importantes en cuanto a su profesionalización ante temas ambientales, traspasos indebidos de sus responsabilidades sanitarias de tipo ambiental a otros sectores, limitada financiación para la protección de la salud, prioridad histórica a la atención médica de enfermedades en desmedro de la prevención y protección de la salud, y predominio de respuestas reactivas en vez de proactivas. Los Ministerios de Salud no han dado la prioridad que científicamente se merecen las áreas de protección y fomento, que han sido política y económicamente relegadas. Muchas veces no se entiende la relación ambiente-salud, lo que limita el trabajo interdisciplinario y transdisciplinario y especialmente el intersectorial. Faltan formación de recursos humanos, andamiaje jurídico y recursos económicos. Estos esquemas ofrecen el reto para el sector salud y otros sectores relacionados, junto con la academia y tomadores de decisiones para abordar los problemas de salud producto del cambio climático con el fin de enfrentarlos con la profesionalización y el compromiso que la sociedad requiere y exige.

2. ¿Cuáles son los beneficios que traería el cambio climático a la salud humana?

Un beneficio sería que la magnitud y gravedad de los problemas climáticos actuales y por venir produzcan un cambio de actitud en las autoridades políticas de gran parte de los sectores, y en particular del sector salud, en el sentido de mejorar las medidas preventivas, la atención a grupos

vulnerables, el fortalecimiento del personal de salud y la promoción de hospitales verdes y sustentables. El cambio climático puede generar situaciones ambientales favorables en zonas con condiciones adversas del más variado tipo. Ante condiciones de cambio climático, algunas poblaciones en zonas templadas podrían exponerse a temperaturas menos frías y disminuir así la incidencia de problemas respiratorios. Una disminución de la precipitación en algunas zonas propensas a inundaciones puede disminuir varios riesgos y mejorar la seguridad humana. Asimismo, áreas proclives a sequías o semidesérticas podrían recibir más lluvia, favoreciendo la actividad agropecuaria o mejorando el rendimiento de ciertos cultivos y la disponibilidad de alimentos para autoconsumo en poblaciones con menos recursos económicos. Es probable que los cambios en la temperatura en ciertas zonas afecten a la presencia y distribución de los vectores, por ejemplo, disminuyéndolos, lo que reduciría la morbilidad asociada a su transmisión.

3. En cuanto a las medidas de adaptación ¿qué ventajas tiene un país pequeño *vs.* uno más grande?

En un país pequeño la diversidad y dispersión de los problemas de salud que se pueden presentar ante el cambio climático es menor; la información y la comunicación pueden fluir más fácilmente entre dependencias del propio sector y las de otros sectores, y la menor extensión geográfica reduciría poblaciones de vectores. Y aunque es probable que tuvieran recursos económicos escasos y otras prioridades en salud más urgentes, les resultaría más sencillo recibir apoyos para el desarrollo de proyectos de adaptación y mitigación por parte de agencias internacionales.

4. ¿Cuáles son las prioridades del sector salud para adaptarse ante el cambio climático?

Fortalecer las medidas de salud pública en general y de salud ambiental en particular (protección y fomento de la salud, prioridad y acceso a atención primaria de salud, calidad y abastecimiento de agua, saneamiento, manejo de desechos, vigilancia epidemiológica de enfermedades asociadas al clima) para prevenir y reducir la morbilidad asociada a condiciones climáticas, dado que las poblaciones en mayor riesgo son las que se consideran vulnerables. Potenciar la resiliencia de los sistemas de salud en zonas vulnerables a eventos hidrometeorológicos. Contar con mapas de riesgo climático para poder priorizar las medidas de adaptación con datos sobre poblaciones vulnerables, condiciones ambientales desfavorables y exposición a variables meteorológicas. Medidas para aliviar la pobreza.

5. ¿Cómo se pueden fomentar las medidas de mitigación que ofrezcan cobeneficios a la salud humana?

El sector salud debe tener una gran claridad de los efectos del cambio climático en la salud no solo a nivel nacional, sino también regional e incluso local. A partir de esto, debe haber un acercamiento con el Ministerio de Medio Ambiente y otros pertinentes según el caso, en especial con las instancias administrativas abocadas al tema de mitigación al cambio climático, para trabajar en conjunto y definir medidas consensuadas entre ambos sectores que incluyan necesariamente una evaluación de las mismas una vez instrumentadas y aplicadas.

Agradecimientos

Al Dr. Germán Corey Orellana por la revisión cuidadosa del manuscrito, sugerencias y correcciones. Al Lic. Manuel Violante del Castillo por su asesoría editorial.

Bibliografía

Álvarez-Vergnan, C., 2015: *Estrategia de adaptación climática en Costa Rica. Bases para la gestión estatal e institucional.* Análisis n.° 8-2015. Friedrich-Ebert Stiftung, San José, 34 pp. Sitio web consultado el 1 de febrero de 2018, http://library.fes.de/pdf-iles/bueros/fesamcentral/12281.pdf

Almeida, A.P., R.P. Galão, C.A Sousa, M.T Novo, R. Parreira *et ál.,* 2008: Potential mosquito vectors of arboviruses in Portugal: species, distribution, abundance and West Nile infection. *Trans R Soc Trop Med Hyg,* 102, 823-832.

Amela, C.H. y M.J. Sierra, 2016: Enfermedades transmitidas por vectores. Un nuevo reto para los sistemas de vigilancia y la salud pública. *Gac Sanit,* 30, 167.169.

Aparicio-Effen, M., 2000: *Vulnerabilidad y Adaptación a la Salud Humana ante los Efectos del Cambio Climático en Bolivia.* Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, Programa Nacional de Cambios Climáticos, PNUD/GEF La Paz, 162 pp.

Aparicio-Effen, M., I. Arana, J. Rodríguez, J. Aparicio, R. Chávez *et ál.,* 2007: *Malaria outbreak in the Lake Titicaca Region.* The adaptation Continuum (groundwork for the future) ETC, Stockholm Environment Institute Editors Tahia Devisscher, Geoff O'Brien, Phil O'Keefe, Iantellam 2009 ETC Foundation AB Leusden, The Netherlands, pp. 66-67.

Arroyo, V., J. Díaz, C. Ortíz, R. Carmona, M. Sáez *et ál.,* 2016: Short term effect of air pollution, noise and heat waves on preterm births in Madrid (Spain). *Environmental Research,* 145, 162-168.

Autoridad Nacional del Ambiente y Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Salud, Sistema Nacional de Protección Civil, 2011: *Programa Conjunto de Cambio Climático.* PNUD, PNUMA, FAO, OPS, Panamá, 15 pp.

Ávila, F.B. y E.J. González-Gaudiano, 2015: Sociedades resilientes: criterios para estrategias educativas encaminadas a la reducción de riesgo de desastres. *Revista Interamericana de Educación de Adultos,* 2, 27-47.

Balbus, J., A. Crimmins, J.L. Gamble, D.R. Easterling, K.E. Kunkel *et ál.,* 2016*: Introduction: Climate Change and Human Health.* The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. U.S. Global Change Research Program, Washington

DC. Sitio web consultado el 19 de mayo de 2019, http://dx.doi.org/10.7930/J0VX0DFW

Balbus, J.M., y C. Malina, 2009: Identifying vulnerable subpopulations for climate change health effects in the United States. *Journal of Occupational and Environmental Medicine,* 51:33-37.

Banco Mundial, 2017: *Latinoamérica indígena en el siglo xxi.* Sitio web consultado el 18 de enero de 2018, http://www.bancomundial.org/es/region/lac/brief/indigenous-latin-america-in-the-twenty-firstcentury-brief-report-page

Banco Mundial, 2019: *Enfermeras y parteras.* Sitio web consultado el 25 de octubre de 2019, https://datos.bancomundial.org/indicator/SH.MED.NUMW.P3

Barcellos, C., E.R. Ceccato, Pi. Gosselin, A.M. Monteiro *et ál.,* 2016: An observatory to gather and disseminate information on the healthrelated effects of environmental and climate change. *Rev Panam Salud Pública,* 40, 167-73.

Barnes, C.S., N.E. Alexis, J.A. Bernstein, J.R. Cohn, J.G. Demain *et ál.,* 2013: Climate Change and Our Environment: The Effect on Respiratory and Allergic Disease. *J Allergy Clin Immunol Pract,* 1: 137-141.

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof (eds.), 2008: *El Cambio Climático y el Agua.* Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 pp.

Beggs, P.J., 2010: Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. *Int J Environ Res Public Health,* 7, 3006-3021.

Bello, B.L.O., F.G. Alatorre, E.J. y González-Gaudiano, 2016: Representaciones sociales sobre cambio climático. Un acercamiento a sus procesos de construcción. *Trayectorias,* 43: 73-92. Sitio web consultado el 29 de agosto de 2018, http://www.redalyc.org/pdf/607/Resumenes/Resumen_60746482004_1.pdf

Bobb, J.F., R.D. Peng, M.L. Bel y F. Dominici, 2014: Heat-Related Mortality and Adaptation to Heat in the United States. *Environ Health Perspect,* 122, 811-16.

Bustos, J., 2013: *Estudio de la morbimortalidad y variabilidad climática asociada al cambio climático en Chile.* Ministerio de Salud de Chile, Santiago, 867 pp.

Buthelezi, S.A., T. Kapwata, B. Wernecke, C. Webste, A. Mathee *et ál.,* 2019. Household Fuel Use for Heating and Cooking and Respiratory Health in a Low-Income, South African Coastal Community. *Int J Environ Res Public Health,* 16, 550.

Campbell-Lendrum, D., L. Manga, M. Bagayoko y J. Sommerfeld, 2015: Climate change and vector-borne diseases: what are the implications for public health research and policy? *PhilTrans. R Soc,* B 370: 20130552.

Cannon, T., 2008: *Reducing people's vulnerability to natural hazards: Communities and resilience.* Weider Research paper. UNU-WIDER. Research paper n.° 2008/34. Sitio web consultado el 8 de agosto de 2018, https://www.wider.unu.edu/sites/default/files/rp2008-34.pdf

Carmona, R., J. Díaz, I.J. Mirón, C. Ortíz, I. León *et ál.,* 2016: Geographical variation in relative risks associated with cold waves in Spain: The need for a cold wave prevention plan. *Environment International,* 88, 103-111.

Castellanos, L. y J. Herrero, 2018: *El 7 % de la población en España padece asma bronquial.* asmaMADRID, WORLDASTHMADAY, SEAIC, Madrid, 3 pp.

CEPAL, 2013: *Efecto del cambio climático en el costo de los eventos de interés en salud pública en Colombia: estudio de caso sobre malaria y dengue.* Comisión Económica para América Latina y El Caribe. Serie Medio Ambiente y Desarrollo, Santiago de Chile, 72 pp.

CEPAL, 2018: *Atlas migración en los países del norte de Centroamérica.* Santiago, 56 pp.

Cerón, T., 2019: Nicaragua: Presentan Política Nacional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. *El 19 Digital,* 22 de febrero de 2019. Sito web consultado el 10 de marzo de 2019, https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:87646-nicaragua-presentanpolitica-nacional-de-mitigacion-y-adaptacion-al-cambio-climatico

Cesefor, 2019: Más información de proyectos sobre... agua. *Eco-Adapt.* Sitio web consultado el 28 de abril de 2019, http://www.cesefor.com/proyectos/agua

CIIFEN, 2017: *Implementación de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en las cuencas binacionales Suches-Titicaca y Catamayo-Chira.* Programa Regional Andino para el Fortalecimiento de los Servicios Meteorológicos, Hidrológicos, Climáticos y el Desarrollo (PRASDES), Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia, Guayaquil, 56 pp.

Climate-ADAPT, 2018*: Operation of the Portuguese Contingency Heatwaves Plan (2015).* Sharing adaptation information across Europe, European Climate Adaptation Platform. Sitio web consultado el 15 de junio de 2018, https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/operation-of-the-portuguese-contingency-heatwaves-plan

Climate Central, 2019: *Flooded future: Global vulnerability to sea level rise worse than previously understood.* Sitio web consultado el 12 de noviembre de 2019, https://www.climatecentral.org/news/report-flooded-future-global-vulnerability-to-sea-level-rise-worsethan-previously-understood

COFEPRIS, 2012: *Bases para el desarrollo de indicadores sobre salud y cambio climático en México.* Secretaría de Salud, México, 122 pp.

Comisión Interministerial, 2018: *Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud.* Madrid, España. Sitio web consultado el 25 de febrero de 2019, https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2018/docs/Plan_Nacional_de_Exceso_de_Temperaturas_2018.pdf

Consejería de Sanidad, 2016: *Informe del Estado de Salud de la Población de la Comunidad de Madrid.* Madrid. Sitio web consultado el 12 de mayo de 2019, http://www.informesdesalud.sanidadmadrid.org/docs/InformeCompleto.pdf

Congreso de la República, 2018: Ley Marco sobre Cambio Climático. Ley n.° 30754. Normas Legales. Poder Legislativo. *El Peruano,* miércoles, 18 de abril de 2018. Documento web consulado el 27 de octubre de 2019, https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-marcosobre-cambio-climatico-ley-n-30754-1638161-1/

Consejo Nacional de Cambio Climático y Secretaría de Planificación y Programación, 2016: *Plan de acción nacional de cambio climático.* En cumplimiento del Decreto 7-2013 del Congreso de la República. Segeplán, Gobierno de la República, Guatemala, 162 pp.

CUC CU, 2011: *Fortalecimiento de capacidades de los encargados de la formulación de políticas para hacer frente al cambio climático en Iberoamérica. Evaluación del impacto social del cambio climático en Chile.* Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro de Cambio Global, Santiago, 56 pp.

Delgado-Ramos, G.C., Z.A. De Luca y V.Z. Vázquez, 2015: *Adaptación y mitigación urbana al cambio climático en México.* Colección El Mundo

Actual. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM, Ciudad de México, 278 pp.

Díaz, J., 2018. *La contaminación atmosférica causa más de 10.000 muertes al año en España.* EFE Verde. Sitio web consultado el 27 de abril de 2019, https://www.efeverde.com/noticias/la-contaminacion-atmosferica-causa-mas-10-000-muertes-al-anoespana/

Díaz, J., C. López, A. Jordá, J.C. Alberdi, R. García *et ál.,* 2002a: Heat waves in Madrid, 1986-1997: effects on the health of the elderly. *International Archives Occupational and Environmental Health,* 75, 163-170.

Díaz, J., R. Carmona, I.J. Mirón, C. Ortiz y C. Linares, 2015a: Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. *Environmental Research,* 143, 186-191.

Díaz, J., R. Carmona, I.J. Mirón, C. Ortiz, I. León y C. Linares, 2015b: Geographical variation in relative risks associated with heat: update of Spain's Heat Wave Prevention Plan. *Environment International,* 85, 273-283.

Díaz, J., R. Carmona, I.J. Mirón, M.Y. Luna y C. Linares, 2018: Time trend in the impact of heat waves on daily mortality in Spain for a period of over thirty years (1983-2013). *Environment International,* 116, 10-17.

Díaz, J., R. Carmona, I.J. Mirón, M.Y. Luna y C. Linares, 2019: Time trends in the impact attributable to cold-waves in Spain: incidence of local factors and the need for cold-wave prevention plans. *Science of the Total Environment,* 655, 305-312.

Díaz, J., R. García, F. Velázquez, C. López, E. Hernández *et ál.,* 2002b: Effects of Extremely Hot Days on People older than 65 in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *International Journal of Biometeorology,* 46, 145-149.

Díaz, J., R. García-Herrera, R.M. Trigo, C. Linares, A. Avendano *et ál.,* 2006: The impact of summer 2003 heat wave in Iberia: how should we measure it? *International Journal of Biometeorology,* 50, 159-166.

Dwight, R.H., J.C. Semenza, D.B. Baker y B.H. Olson, 2002: Association of urban runoff with coastal water quality in Orange County California. *Water Environ Res,* 74, 82-90.

Ebi, K., 2019: *Not Cool Ep 12: Kris Ebi on climate change, human health, and social stability.* Future of Life Institute. 8 de octubre de 2019, Ariel Conn. Portal. Sitio web consultado el 11 de noviembre de 2019, https://futureoflife.org/2019/10/08/not-cool-ep-12-kris-ebi-onclimate-change-human-health-and-social-stability/

Ebi, K.L., D. Campbell-Lendrum y A. Wyns, 2018: *The 1.5 Health Report. Synthesis on Health & Climate Science in the IPCC SR1.5.* Sitio web consultado el 6 de febrero de 2019, https://www.who.int/globalchange/181008_the_1_5_healthreport.pdf

Ebi, K.L., P. Berry, D. Campbell-Lendrum, C. Corvalan y J. Guillemot, 2011: *Proteger la salud frente al cambio climático. Evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación.* OPS, OMS, Washington DC, 80 pp.

Ebi, K.L. y M. Otmani del Barrio, 2015: *Lessons learned on health adaptation to climate variability and change. Experiences across lowand middle-income countries.* WHO, Geneva, 72 pp.

ECDC, 2012: *The climatic suitability for dengue transmission in continental Europe.* Technical Report, European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, 27 pp.

ECHO, 2014: *Lecciones aprendidas y buenas prácticas para la reducción de riesgos frente a la sequía en América Central y del Sur.* Programa de construcción de resiliencia en las comunidades afectadas por la sequía en América Central y América del Sur. Dirección General de Protección Civil y Operaciones de Ayuda Humanitaria Europeas. Sitio web consultado el 19 de noviembre, 2017, https://es.calameo.com/read/004331868892099 69d40d

ECHO, 2017: *Resultados de las Acciones para reducción del hambre estacional en el Corredor Guatemalteco.* Dirección General de Protección Civil y Operaciones de Ayuda Humanitaria Europeas y Consorcio de Organizaciones Humanitarias.

ECODES, 2012: *Mejoramiento del acceso al agua potable, saneamiento e higiene en la comunidad de Palo de Lapa y Los Pocitos, sector noreste del municipio de León (Nicaragua).* Sitio web consultado el 30 de abril de 2019, https://docplayer.es/14870182-Mejoramiento-del-acceso-al-agua-potable-saneamiento-e-higieneen-la-comunidad-de-palo-de-lapa-y-los-pocitos.html

Etienne, C., 2018: *Salud Universal.* OPS. Twitter, 4 de abril de 2018. Sitio web consultado el 15 de mayo de 2019, https://www.telesurtv.net/news/avances-america-latina-cobertura-sanitariasalud-publica-20180406-0057.html

European Environment Agency, 2018: *Air quality in Europe – 2018 report.* EEA Report n.° 12/2018, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 88 pp.

FAO, 2016: *Dry Corridor Central America.* Situation Report, junio de 2016. Food and Agriculture Organization. Sitio web consultado el 15 de noviembre de 2017, http://www.fao.org/3/a-br092e.pdf

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2018: *The State of Food Security and Nutrition in the World. Building Climate Resiliance for Food Security and Nutrition.* FAO, Rome, 202 pp.

Fouillet, A., G. Rey, F. Laurent, G. Pavillon, S. Bellec *et ál.,* 2006: Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. *Int Arch Occup Environ Health,* 80,16-24.

Galvão, L.A., J. Finkelman y D. Henao, 2010: Introducción. En: *Determinantes ambiental y sociales de la salud.* Washington DC. OPS, pp. XXV-XVII. Sitio web consultado el 27 de octubre de 2019, https://www.paho.org/blogs/paltex/wp-content/uploads/2010/11/Finkelman_Cap00_semifinal_27.09.10_bis.pdf339

García-Arias, A.M.A., 2018: *Alternativas a una Crisis Alimentaria Crónica en el Corredor Seco Guatemalteco.* Acción contra el Hambre en Centroamérica.

García, R., J. Díaz, R.M. Trigo, E. Hernández y S. Dessai, 2005: Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *Annals Geophysicae,* 23, 239-251.

Gobierno de la República, 2016: *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. Logros 2016.* Especial. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. México DF, 42 pp.

Gobierno de Perú, 2018: *Informe Final del GTM-NDC.* Grupo de Trabajo Multisectorial de naturaleza temporal encargado de generar información técnica para orientar la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (GTM-NDC). Sitio web consultado el 27 de octubre de 2019. http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2018/12/Informe-final-GTM-NDC_v17dic18.pdf

Goulson, D., L.C. Derwent, M.E. Hanley, D.W. Dunn y S.R. Abolins, 2005: Predicting calyptrate fly populations from the weather, and probable consequences of climate change. *J Appl Ecol,* 42, 795-804.

Green, J. y S. Sánchez, 2013: *La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica.* Clean Air Institute, Washington DC, 36 pp.

GRID, 2019: *Informe mundial sobre desplazamiento interno.* Observatorio Desplazamiento Interno, Consejo Noruego para Refugiados. Ginebra, 159 pp.

Guo, Y., A. Gasparrin, S. Li, F. Sera, A.M. Vicedo-Cabrera *et ál.,* 2018: Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLoS Med,* 15, e1002629.

Gutiérrez, B.A.M. y M.P. Cervigón, 2012: Polen. Efectos en salud. En: *Cambio climático y salud* [Martí, B.J.V., I.J.M. Ordóñez, R.E. Aránguez y R.M. Barberá, R.M.]. Cambio Global España 2020/50. Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA). Madrid, pp. 210-227. Sitio web consultado el 12 de mayo de 2019, https://sanidadambiental.com/wp-content/uploads/varios/Informe%20Salud%20y%20Cambio%20Climatico.pdf

Gutiérrez, M.E. y T. Espinosa, 2010: *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica.* Unidad de Energía Sostenible y Cambio Climático, Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente. Notas técnicas # IDB-TN-144. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington DC, 84 pp.

Haines, A. y K. Ebi, 2019: The Imperative for Climate Action to Protect Health. *N Engl J Med,* 380, 263-73.

Hallegatte, S., M. Bangalore, L. Bonzanigo, M. Fay, T. Kane *et ál.,* 2016: *Managing the Impacts of Climate Change on Poverty.* Shock Waves. Climate Change and Development Series. International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington DC, 227 pp.

Hanigan, I.C., C.D. Butler, P.N. Kokic y M.F. Hutchinson, 2012: Suicide and drought in New South Wales, Australia, 1970-2007. *Proc Natl Acad Sci,* 109, 13950-5.

Hay, S.I., S.J. Tatem, C.A Guerra y S.W. Snow, 2006: *Population at malaria risk in Africa 2005, 2015 and 2030.* Foresight report series. Centre for Geographic Medicine KEMRI/Welcome Trust Collaborative Programme, Kenya, University of Oxford, Government Office for Science, London, 52 pp.

Health Care without Harm, 2019: *Health Care's Climate Footprint.* Sitio web consultado el 21 mayo de 2019, https://noharm-global.org/issues/global/health-care%E2%80%99s-climate-footprint

Hoegh-Guldberg, O., D. Jacob, M. Taylor, S. Bindi, I. Brown *et ál.,* 2018: Impacts of 1.5 ºC Global Warming on Natural and Human Systems. En: *2018: Global Warming of 1.5 °C* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani *et ál.* (eds.)]. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IFRC, 2015: *Unseen, unheard: Gender-based violence in disasters. Global study.* International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva, 52 pp.

INAP, 2011: *Proyecto Nacional Piloto de Adaptación – INAP.* Presentación. Resultados del proyecto INAP (Donación tf 056350). Informe final, julio de 2011. INAP, Bogotá, 122 pp.

IndexMundi, 2017: *Portugal, tasa de crecimiento. 2017.* Gráfica de tasa de crecimiento. Sitio web consultado el 17 de enero de 2018, https://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=po&v=24&l=es

IndexMundi, 2019: *Mapa comparativo de países.* Documento web consultado el 25 de noviembre de 2019. https://www.indexmundi.com/map/?v=2226&l=es

Instituto Nacional de Estadística, 2017: *Cifras de Población a 1 de enero de 2017.* Estadística de Migraciones 2016. Notas de prensa, España. Sitio web consultado el 17 de enero de 2018, http://www.ine.es/prensa/cp_2017_p.pdf

IOM, 2014: *Migration and Climate Change.* International Organization for Migration UN. Sitio web consultado el 5 de abril de 2019, https://www.iom.int/migration-and-climate-change-0

IPCC, 2011: Summary for policymakers. En: *Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.* Special Report [Field, C. B., V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. Dokken *et ál.* (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, New York, 594 pp.

IPCC, 2013: Summary for policymakers. En: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis* [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen *et ál.* (eds.)]. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, New York, 222 pp.

Jacob, D.J. y D.A. Winner, 2009: Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment,* 43, 51-63.

Katelaris, C.H. y P.J. Beggs, 2018: Climate change: allergens and allergic diseases. *Internal Medicine Journal,* 48, 129-134.

Kinney, P.L., 2018: Interactions of Climate Change, Air Pollution, and Human Health. *Curr Environ Health Rep,* 5, 179-186.

Kovats, S., K.L. Ebi y B. Menne, 2003*: Methods for assessing human health vulnerability and public health adaptation to climate change.* Health and Global Environmental Change, Series n.° 1. WHO, UNEP, Copenhague, 112 pp.

Lake, I.R., L. Hooper, A. Abdelhamid, G. Bentham, A.B. Boxall, A. Draper *et ál.,* 2012: Climate change and food security: health impacts in developed countries. *Environ Health Perspect,* 120, 1520-1526.

Latin Clima, 2019: *Bahía Ballena calma su sed con agua de lluvia.* Red de Comunicación en Cambio Climático. Sitio web consultado el 5 de mayo de 2019, http://latinclima.org/articulos/bahia-ballenacalma-su-sed-con-agua-de-lluvia

Linares, C., R. Carmona, P. Salvador y J. Díaz, 2018: Impact on mortality of biomass combustion from wildfires in Spain: A regional analysis. *Science of the Total Environment,* 622-623, 547-555.

Linares, C., P. Martínez-Martín, C. Rodríguez-Blazquez, M.J. Forjaz, R. Carmona *et ál.,* 2016: Effect of heat wave son morbidity and mortality due to Parkinson's disease in Madrid: a time-series analysis. *Environmental International,* 89-90, 1-6.

López-Bueno, J.A., J. Díaz y C. Linares, 2019: Differences in the impact of heat waves according to urban and peri-urban factor in Madrid. *International Journal of Biometeorology,* 63, 371-380.

Ludeña, C. y D. Wilk, 2013: *ECUADOR: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.* Marco de la preparación de la Estrategia 2012-2017 del BID en Ecuador. División de Cambio Climático y Sostenibilidad. Departamento de Países Andinos (CAN) Nota técnica n.° IDB-TN-619. BID, 29 pp.

Ludeña, C., D. Wilk y R. Quiroga, 2012: *ARGENTINA: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.* Marco de la preparación de la Estrategia 2012-2016 del Banco Interamericano de Desarrollo en Argentina, División de Cambio Climático y Sostenibilidad. Departamento de Países del Cono Sur (CSC). Nota técnica n.° IDB-TN-621, BID, 42 pp.

Magrin, G.O., 2015: *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe.* Estudios de Cambio Climático en América Latina. CEPAL, Unión Europea, Santiago de Chile, 80 pp.

Magrin, G., C. Gay García, D. Cruz Choque, J.C. Giménez, A.R. Moreno *et ál.,* 2007: Latin America. En: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability* [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson (eds.)]. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 581-615.

Marques, C.R., 2019: Poluição do ar em Portugal estará a causar o dobro das mortes estimadas. *Publico,* Ambiente. Sitio web consultado el 28 de abril de 2019, https://www.publico.pt/2019/03/19/ciencia/noticia/poluicao-ar-portugal-mata-dobro-pensava-1865800

Martínez, F., F. Simón-Soria y G. López-Abente, 2004: Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. *Gac Sanit,* 18, 250-258.

Martínez, P., 2017: *La respuesta a las enfermedades emergentes transmitidas por mosquitos en el Mediterráneo.* Instituto de Salud Global, Barcelona. Sitio web consultado el 31 de marzo de 2019, https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blogportlet/las-enfermedades-transmitidas-por-mosquitos-en-elmediterraneo/5496826/0

Martínez, P.J. y R.C. Orrego, 2016: *Nuevas tendencias y dinámicas migratorias en América Latina y el Caribe.* Serie Población y Desarrollo 114, CEPAL, OIM, S.16-00176, Santiago, 107 pp.

McBreen, J., 2016: *Regional Assessment on Ecosystem-based Disaster Risk Reduction and Biodiversity in South America.* A report for the Resilience through Investing in Ecosystems – knowledge, innovation and transformation of risk management (RELIEF Kit) project. International Union for Conservation of Nature, Quito, 150 pp.

McMichael, A.J., D. Campbell-Lendrum, C.F. Corvalán, K.L. Ebi, A. Githeko, J.D. Scheraga y A. Woodward (eds.) 2003: *Climate Change and Human Health: Risks and Responses.* WHO, WMO, UNEP, Geneva, 322 pp.

Medio Ambiente, 2015: *Programa Cambio Climático.* Cuba. Sitio web consultado el 1 de febrero de 2018, http://www.medioambiente.cu/index.php/programas-nacionales?id=44

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017: *Tercera Comunicación Nacional de Colombia.* PNUD, Bogotá, 546 pp.

Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales, 2016: *Plan nacional de adaptación para el cambio climático en la República Dominicana 2015-2030 (PNACC RD).* Un país resiliente frente al cambio climático. Santo Domingo, Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL), Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Fundación PLENITUD, Santo Domingo, 81 pp.

Ministerio de Medio Ambiente, 2006: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Marco para la coordinación entre Administraciones públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Oficina Española de Cambio Climático. S.G. para la prevención de la contaminación y del cambio climático. Sitio web consultado el 27 de octubre de 2019, https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacioncambio-climatico/

Ministerio de Medio Ambiente, 2016a: *Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.* Santiago de Chile, GEF, PNUD. Santiago, 505 pp.

Ministerio de Medio Ambiente, 2016b: *Perú se adapta al cambio climático: Plan Nacional de Adaptación.* Informe presentado al Instituto Internacional para el Desarrollo Sustentable. Lima, Red Global del PNAD, United States Agency for International Development, Lima, 30 pp.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013: *Síntesis de la evaluación de necesidades tecnológicas (ENT) y Plan de acción para la transferencia de tecnologías priorizadas en adaptación al cambio climático, El Salvador.* Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, United Nations Environment Programme, Global Environment Facility, UNEP-Risoe Centre, San Salvador, 191 pp.

Ministerio de Salud y Ministerio de Medio Ambiente, 2017: *Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Salud.* Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, Gobierno de Chile, Santiago, 4 pp.

Ministerio de Salud y Protección Social, 2019: *Boletín Clima y Salud.* Edición n.° 1. Colombia. Sitio web consultado el 7 de abril de 2019, https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/2019-01-04-ssa-boletin-clima22.pdf

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2016: *Plan nacional de preparación y respuesta frente a enfermedades transmitidas por vectores.* Parte I: dengue, chikungunya y zika. Madrid, 77 pp.

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, 2017: *Indicadores de salud y cambio climático.* Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, Observatorio de Salud y Cambio Climático, Madrid, 50 pp.

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad y Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2018: *Actuaciones nacionales en materia de cambio climático y salud.* Salud y cambio climático. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Gobierno de España, Madrid. Sitio web consultado el 1 de febrero de 2018, http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/ejemplos_actuaciones_es.htm

Ministry of Environment, 2016: *National adaptation plan to climate change.* Vol. I: General Strategy. Brazil. General Coordination of the Working Group on Adaptation to Climate Change, Brasilia, 46 pp.

Ministry of Science, Technology and Innovation, 2016: *Third National Communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change.* Secretariat of Policies and Programs of Research and Development. General Coordination of Global Climate Change, Brasilia, 336 pp.

MINSALUD, 2016: *Lineamiento para la formulación de Planes Territoriales de Adaptación al Cambio Climático desde el Componente de Salud Ambiental.* Subdirección de Salud Ambiental, Bogotá, 272 pp.

Molina, R., M.I. Jiménez, I. Cruz, A. Iriso, I. Martín-Martín *et ál.,* 2012: The hare (*Lepus granatensis*) as potential sylvatic reservoir of Leishmania infantum in Spain. *Vet Parasitol,* 23, 268-271.

Montero, J.C., J.J. Mirón, J.J. Criado-Álvarez, C. Linares y J. Díaz, 2012: Relationship between mortality and heat waves in Castile-La Mancha (1975-2003): influence of local factors. *Science of Total Environment,* 414, 73-80.

Mora, C., B. Dousset, I.R. Caldwell, F.E. Powell, R.C. Geronimo *et ál.,* 2017: Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change,* 7, 501-506.

Mora, C., D. Spirandelli, E.C. Franklin, J. Lynham, M.B. Kantar *et ál.,* 2018: Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions. *Nature Climate Change,* 8: 1062-1071.

Moreno, A.R., 2006: Climate change and human health in Latin America: drivers, effects, and policies. *Regional Environmental Change,* 6, 157-164.

Moreno, A.R., M.C. Calderón, H. Riojas-Rodríguez, M. Anglés y J. Ramsey, 2015: Salud Humana. En: *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Impactos, vulnerabilidad y adaptación. Grupo II* [Gay C. y C. Rueda (coords.)]. Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM. México DF, pp. 165-180.

MSCBS, 2019: *Plan nacional de actuaciones preventivas de los efectos del exceso de temperaturas sobre la salud.* Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social, Madrid, 37 pp. Sitio web consultado en abril de 2020, https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2019/docs/Plan_Nacional_de_Exceso_de_Temperaturas_2019.pdf

Nagy, G.J., W.F. Leal, U.M. Azeiteiro, J. Heimfarth, J.E. Verocai *et ál.,* 2018: An Assessment of the Relationships between Extreme Weather Events, Vulnerability, and the Impacts on Human Wellbeing in Latin America. *J Environ Res Public Health,* 15,1802.

OCHA, 2019: *Latin America & the Caribbean: Weekly Situation Update (14-21 October 2019) As of 21 October 2019.* Sitio web consultado el 13 de noviembre de 2019, https://reliefweb.int/report/world/latin-america-caribbean-weekly-situation-update-14-21-october-2019-21-october-2019

OMS, 2016*: Género, Cambio Climático y Salud.* Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 52 pp.

OMS, 2019a: *Cambio climático y salud humana.* Sitio web consultado el 8 de mayo de 2019, https://www.who.int/globalchange/climate/es/

OMS, 2019b: *Determinantes sociales de la salud.* Sitio web consultado el 27 de octubre de 2019, https://www.who.int/social_determinants/es/

OMS, 2019c: *Hospitales y clínicas. La salud en la economía verde. Los Co-beneficios de la mitigación al cambio climático para la salud.* Conclusiones preliminares: examen inicial. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. Sitio web consultado el 3 de febrero de 2018, http://www.who.int/hia/hgebrief_health_sp.pdf

OMS y UNICEF, 2017. *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS.* Ginebra: Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 116 pp.

Oppenheimer, M., M. Campos, R. Warren, J. Birkmann, G. Luber, *et ál.,* 2014: Emergent risks and key vulnerabilities. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea *et ál.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, pp. 1039-1099.

OPS, 2014: *Situación de Salud en las Américas. 20 años. Indicadores Básicos.* Organización Panamericana de la Salud. Sitio web consultado el 14 de mayo de 2019, http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/31074/OPSCHAHA1401-spa.pdf?sequence=1

OPS, 2017a: *Salud en las Américas. Resumen: panorama Regional y perfiles de país.* Organización Panamericana de la Salud, edición de 2017. Washington DC, 260 pp.

OPS, 2017b: Cambio climático. En: *Salud en las Américas.* Organización Panamericana de la Salud, Washington DC. Sitio web consultado el 18 de enero de 2018, http://www.paho.org/salud-en-lasamericas-2017/?post_type=post_t_es&p=315&lang=es

OPS, 2018a: *Taller Subregional Salud en Planes Nacionales de Adaptación al Cambio Climático: Centroamérica.* Informe, 8 de febrero al 1 de marzo del 2018, Ciudad de Panamá, Organización Panamericana de la Salud, 34 pp.

OPS, 2018b: *Taller Subregional Salud en Planes Nacionales de Adaptación al Cambio Climático: Sudamérica.* Informe, 8 y 9 de marzo del 2018, Buenos Aires, Organización Panamericana de la Salud, 34 pp.

OPS, 2018c: **Contaminación del Aire Ambiental.** Sitio web consultado el 27 de abril de 2019, https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-airpollution&Itemid=72243&lang=es

Orru, H., C. Andersson, K.L. Ebi, J. Langne, C.R. Ström *et ál.,* 2013: Impact of climate change on ozone-related mortality and morbidity in Europe. *Eur Respir J,* 41: 285-294.

Oswald, U., 2016: Perspectiva de género ante el cambio climático y la doble vulnerabilidad. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades,* XXVI, 137-161.

Oswald, U., A.R. Moreno y O. Tena, 2014: Cambio climático, salud y género. En: *Cambio climático, miradas de género* [Ímaz Gispert, M., N. Blázquez, V. Chao, I. Castañeda y A. Beristain (coord.)]. México, UNAM - Programa Universitario de Medio Ambiente/ Programa de Investigación en Cambio Climático/Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades UNAM, PNUD, México DF, 85-136 pp.

Ottesen, E.A., B.O. Duke, M. Karam y K. Behbehani, 1997: Strategies and tools for the control/elimination of lymphatic filariasis. *Bull World Health Organ,* 75, 491-503.

Padhy, S.K., S. Sidharth, P. Mahima y P. Surender, 2015: Mental health effects of climate change. *Indian J Occup Environ Med,* 19, 3-7.

PAHO, 2017: *Smart hospitals toolkit.* Pan American Health Organization, Washington DC, 160 pp.

Paynter, S., R.S. Ware, P. Weinstein, G. Williams y P.D. Sly, 2010: Childhood pneumonia: a neglected, climate-sensitive disease? *Lancet,* 376, 1804-1805.

Pino, P., V. Iglesias, R. Garreaud, S. Cortés, M. Canals, W. Folch *et ál.,* 2015: Chile Confronts its Environmental Health Future After 25 Years of Accelerated Growth. *Ann Glob Health,* 81, 354-367.

PNUD, 2010: *Transversalización del cambio climático en Nicaragua. Evaluación de riesgos y oportunidades.* Proyecto Integración de riesgos y oportunidades del cambio climático en los procesos nacionales de desarrollo y en la programación por países de las Naciones Unidas (RIOCPNU). Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Agencia Española de Cooperación Internacional, Gobierno de España, Madrid, 8 pp.

PNUD, 2018: *Objetivos de Desarrollo Sostenible. México.* Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Sitio web consultado el 12 de enero de 2018, http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/post-2015.html

Portuguese Water Partnership, 2019: «Water mirror» in Portugal. *Emblematic projects in water sector,* 27 pp. Sitio web consultado el 26 de octubre de 2019. http://www.ppa.pt/wp-content/uploads/2018/10/Espelhos-de-agua-em-portugal_NIGERIA.pdf

Poveda, G., Ó.A. Estrada-Restrepo, J.E. Morales, O.O. Hernandez, A. Galeano, *et ál.*, 2011: Integrating knowledge and management regarding the climate-malaria linkages in Colombia. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* 3, 448-460.

Pressly, L. 2017: *El plan de fuga de los indígenas guna para escapar de sus islas paradisíacas antes de que desaparezcan bajo el mar en Panamá.* BBC News, Panamá. Sitio web consultado el 13 de marzo de 2019, https://www.bbc.com/mundo/noticias-41355792

Prüss-Ustün, A., J. Wol, C. Corvalán, R. Bos y M. Neira, 2016: *Preventing disease through healthy environments.* A global assessment of the burden of disease from environmental risks. WHO, Geneva, 176 pp.

Raes, D., 2013: *College on Soil Physics – 30th anniversary (1983-2013).* Frequency analysis of rainfall data. Leuven, Belgium: International Centre for Theoretical Physics, IARA, 2444-10, 44 pp.

Rostros, Voces y Lugares de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, 2009: *Iniciativa comunitaria para proveer agua potable y saneamiento.* PAHO, Washington DC, 12 pp.

Sa-Sousa, A., M. Morais-Almeida, L.F. Azevedo, R. Carvalho, T. Jacinto *et ál.,* 2012: Prevalence of asthma in Portugal - The Portuguese National Asthma Survey. *Clin Transl Allergy,* 2, 15.

Schwartz, J., R. Levin y H. Hodge, 1997: Drinking water turbidity and pediatric hospital use for gastrointestinal illness in Philadelphia. *Epidemiology,* 8, 615-20.

Schwerdtle, P., K. Bowen y C. McMichael, 2018: The health impacts of climate-related migration. *BMC Medicine,* 16, 1.

Secretaría de Salud, 2017: *Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático para el Sector Salud.* Unidad de Vigilancia en Salud, Tegucigalpa.

Secretaría del Ambiente, 2011: *Segunda Comunicación Nacional Cambio Climático.* Paraguay. SEAM, Dirección de Planificación Estratégica, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment Facility, Asunción, 181 pp.

Secretaría del Ambiente, 2017: *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático.* Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCN) y Primer Informe Bienal de Actualización (IBA). Paraguay. Proyecto 88492, Secretaría del Ambiente, Dirección de Planificación Estratégica, Asunción, 83 pp.

SEMARNAT, 2012: *Elementos y criterios para la toma de decisiones.* INECC, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Gobierno Federal, México DF, 186 pp.

SEMARNAT, 2014: *Versión de Difusión del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018.* Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Consejo de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México DF, 92 pp.

SEMARNAT, 2018a: México. *Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* INECC, SEMARNAT, GOF, PNUD, Ciudad de México, 756 pp.

SEMARNAT, 2018b: *Evaluación Estratégica del avance subnacional de la Política Nacional de Cambio Climático.* Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Ciudad de México, 250 pp.

Smith, K.R., A. Woodward, D. Campbell-Lendrum, D.D. Chadee, Y. Honda *et ál.,* 2014: Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B, V.B. Barro, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandre *et ál.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge y New York, pp. 709-754.

Soares da Silva, A., B.D. Forsin, L.A. Galvão y F. Becerra-Posada, 2016: Not so simple as it seems: tackling climate change and implementing the sustainable development goals in the Americas. *Rev Panam Salud Públ,* 40, 147-149.

Sorensen, C. J., M.J. Borbor-Cordova, E. Calvello-Hynes, A. Diaz, J. Lamery *et ál.,* 2017: Climate variability, vulnerability, and natural disasters: A case study of Zika virus in Manabi, Ecuador following the 2016 earthquake. *GeoHealth,* 1, 298-304.

Statista, 2019: *Población con acceso a sistemas de abastecimiento de agua potable España 2000-2017.* Sitio web consultado el 26 de octubre de 2019, https://es.statista.com/estadisticas/541345/porcentaje-de-la-poblacion-con-acceso-a-sistemas-de-abastecimientode-agua-potable-en-espana/

Tejeda, M.A., C.E. Montes y B.C. Sarabia (eds.), 2012: *Las inundaciones de 2010 en Veracruz. Vulnerabilidad y adaptación.* Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, México, 215 pp.

Tejeda, M.A. y L. Betancourt-Trevedhan eds.), 2012: *Las inundaciones de 2010 en Veracruz: Memoria social y medio físico.* Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, México, 270 pp.

Tobías, A., P. García de Olalla, C. Linares, M.J. Bleda, J.A. Caylà *et ál.,* 2010: Short-term effects of extreme hot summer temperatures on total daily mortality in Barcelona. *Spain. Int J Biometeorol,* 54,115-117.

UN, 2019: *Water and Climate Change.* UN Water, Coordinating the UN's work on water and sanitation. Sitio web consultado el 2 de abril de 2019, http://www.unwater.org/water-facts/climate-change/

UN Human Rights, 2019a. *Derechos humanos y cambio climático.* Resumen. UN Human Rights, Office of High Comissioner. Sitio web consultado el 16 de noviembre de 2019, https://www.ohchr.org/SP/Issues/HRAndClimateChange/Pages/HRClimateChangeIndex.aspx

UN Human Rights, 2019b. *Key Messages on Human Rights and Climate Change.* UN Human Rights, Office of Hig Comissioner. Sitio web consultado el 16 de noviembre de 2019, https://www.ohchr.org/SP/Issues/HRAndClimateChange/Pages/HRClimateChangeIndex.aspx

UN Human Rights Council, 2019. *Climate change and poverty.* Reportof the Special Rapporteur on extreme poverty and human rights. Forty-first sesión 24 June-12 July 2019, 22 pp. Sitio web consultado el 15 de noviembre de 2019, https://reliefweb.int/report/world/climate-change-and-poverty-report-special-rapporteur-extremepoverty-and-human-rights

UNEP, 2019: *Step 3.a: Understanding climate change hazard.* Sitio web consultado el 8 de mayo de 2019, https://web.unep.org/coastal-eba/hazards

UNESCO, 2018: *Lanzamiento de un Atlas sobre el retroceso de los glaciares andinos y la reducción de las aguas glaciares. 4 de diciembre de 2018.* Sitio web consultado el 19 de mayo de 2019, https://es.unesco.org/news/lanzamiento-atlas-retrocesoglaciares-andinos-y-reduccion-aguas-glaciares

Watts, N., W.N. Adger, P. Agnolucci *et ál.,* 2015; Health and climate change: policy responses to protect public health. *Lancet,* 386, 1861-914.

Watts, N., M. Amann, N. Arnell, S. Ayeb-Karlsson, K. Belesova *et ál.,* 2018: The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come. *Lancet,* 392, 2479-2514.

Watts, N., M. Amann, N. Arnell, S. Ayeb-Karlsson, K. Belesova *et ál.,* 2019: The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *Lancet,* S0140-6736(19)32596-6.

Wesselbaum, D. y A. Aburn, 2017: Gone with the wind: International migration. *Global and Planetary Change,* 178, 96-109.

WHO, 2011: *Health in the green economy.* Co-benefits to health of climate change mitigation. Household energy sector in developing countries. Executive Summary. Public Health & Environment Department, WHO, Geneva, 6 pp.

WHO, 2014a: *Quantitative risk assessment of the potential effects of climate change on health.* World Health Organization, Geneva. Sitio web consultado el 11 de enero de 2018, http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/134014/1/9789241507691_eng.pdf

WHO, 2014b: *Leishmaniasis.* Fact sheet n.° 375. World Health Organization, Geneva. Sitio web consultado el 25 de enero de 2018, http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs375/es/

WHO, 2014c: *Burden of disease from Household Air Pollution for 2012.* Summary of results. Public Health, Social and Environmental Determinants of Health Department, WHO, Geneva, 3 pp.

WHO, 2017: *Vector-borne diseases.* Fact Sheet. Sitio web consultado el 12 de noviembre de 2019, https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases

WHO, 2018a. *Health & Climate Change.* COP24 Special Report. Geneva: World Health Organization, pp. 74.

WHO, 2018b: *UN Environment and WHO agree to major collaboration on environmental health risks.* World Health Organization, Geneva. Sitio web consultado el 11 de enero de 2018, http://www.who. int/mediacentre/news/releases/2018/environmental-healthcollaboration/en/

WHO, 2018c: *Household air pollution and health.* Sitio web consultado el 14 de noviembre de 2019, http://www.who.int/news-room/factsheets/detail/household-air-pollution-and-health

WHO, 2019a: *Dentistry personnel.* Global Health Observatory data repository. Sitio web consultado el 25 de octubre de 2109. http://apps.who.int/gho/data/node.main.HWFGRP_0060?lang=en

WHO, 2019b: *Adaptation to climate change in the health sector: Improving engagement, evidence and action in sub-Saharan African countries.* Sitio web consultado el 2 de noviembre de 2019, https://www.who.int/globalchange/projects/adaptation-climate-change/en/

WHO y UNFCCC, 2015a: *Climate and health country profile – 2015 Brazil.* World Health Organization, United Nations Framework Convention on Climate Change. Sitio web consultado el 7 de agosto de 2018, http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/208857/WHO_FWC_PHE_EPE_15.03_eng.pdf;jsessionid=95FA4F9D26669B054E7068831EE06AAB?sequence=1

WHO y UNFCCC, 2015b: *Climate and health country profile – 2015 Colombia.* World Health Organization, United Nations Framework Convention on Climate Change. Sitio web consultado el 7 de agosto de 2018, http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/208859/WHO_FWC_PHE_EPE_15.05_eng.pdf?sequence=1

WHO y UNFCCC, 2015c: *Climate and health country profile – 2015 Mexico.* World Health Organization, United Nations Framework Convention on Climate Change. Sitio web consultado el 7 de agosto de 2018, http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/246116/WHO-FWCPHE-EPE-15.26-eng.pdf?sequence=1

WHO, 2018b: *Climate and Clean Air Coalition.* Air Pollution, Climate and Health. The calculation is simple. Climate and Clean Air Coalition, World Health Organization, Geneva. Sitio web consultado el 17 de enero de 2018, http://who.int/sustainable-development/AirPollution_Climate_Health_Factsheet.pdf

WMO, 2018: WMO Statement on the State of the Global Climate in 2017. WMO-No. 1212, Geneva, 40 p.

WMO, 2019: *WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018.* WMO n.° 1233, Geneva, 44 pp.

Workman, A., G. Blashki, K.J. Bowen, D.J. Karoly y J. Wiseman, 2018: The Political Economy of Health Co-Benefits: Embedding Health in the Climate Change Agenda. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 15, 674.

World Bank, 2019: *Ageing.* Sitio web consultado el 12 de noviembre de 2019, https://www.un.org/en/sections/issues-depth/ageing/

Zhao, L., M. Oppenheimer, Q. Zhu, J.W. Baldwin, K.L. y K.L. Ebi, 2018: Interactions between urban heat islands and heat waves. *Environ Res Lett,* 13, 034003.

Anexo I: Glosario RIOCCADAPT

Se recomienda citar este texto como:

Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, A.R. Moreno y G.C. Delgado (coords.), 2020: Glosario RIOCCADAPT. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT* [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España.

Aclimatación [*a*]. Cambio en los rasgos funcionales o morfológicos que se produce una o varias veces (por ejemplo, estacionalmente) durante el ciclo de vida de un organismo en su entorno natural. A través de la aclimatación el individuo mantiene su rendimiento en una variedad de condiciones del entorno. Para establecer una clara diferenciación entre los resultados obtenidos en los estudios de laboratorio y sobre el terreno, el término aclimatación se utiliza en ecofisiología para los respectivos fenómenos cuando se observa en contextos experimentales bien definidos. El término plasticidad (adaptativa) define el alcance, generalmente limitado, de cambios en el fenotipo que un individuo puede mostrar a través del proceso de aclimatación.

Acuerdo de París [*Pa*]. El Acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) fue adoptado por 196 miembros en diciembre de 2015 en París, en la XXI sesión de la Conferencia de las Partes (COP) de la CMNUCC. El acuerdo entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, en marzo de 2019 tenía 195 firmantes y había sido ratificado por 185 miembros. Una de las metas del Acuerdo de París es «mantener el incremento de la temperatura media global muy por debajo de 2 °C en relación con los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos de limitar el incremento de temperatura en 1,5 °C en relación con los niveles preindustriales», reconociendo que esto disminuiría significativamente los riesgos e impactos del cambio climático. Además, el acuerdo intenta fortalecer la capacidad de los países para afrontar los impactos del cambio climático. El Acuerdo de París pretende ser plenamente efectivo en 2020.

Adaptabilidad [*a*]. Véase *capacidad adaptativa, capacidad de adaptación.*

Adaptación. Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos.

Adaptación autónoma. Adaptación en respuesta al clima experimentado y sus efectos, sin planificar explícitamente o centrarse conscientemente en afrontar el cambio climático. Más recientemente se está utilizando para referirse a acciones llevadas a cabo por particulares, empresas y comunidades sin una intervención pública, que generalmente responde a intereses privados, pero que se desarrolla dentro de un marco de acciones netamente adaptativas.

Adaptación basada en comunidades, adaptación comunitaria [*c*]. Adaptación local impulsada por la comunidad. Centra su atención en empoderar y promover las capacidades de adaptación de las comunidades. Es un enfoque que toma el contexto, la cultura, el conocimiento y las preferencias de las comunidades como fortalezas.

Adaptación basada en el ecosistema, adaptación verde [*e*]. Uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia general de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. La adaptación basada en el ecosistema utiliza la gama de oportunidades que presenta la gestión sostenible, la conservación y la restauración de los ecosistemas para ofrecer servicios que permitan que las personas se adapten a los impactos del cambio climático. Su objetivo es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas frente a los efectos adversos del cambio climático. La forma más adecuada de integrarla es mediante estrategias amplias de adaptación y desarrollo.

Adaptación blanda. Adaptación basada en medidas sociales (como pueden ser programas de educación, información o cambios conductuales) o institucionales (como pueden ser medidas económicas, leyes y regulaciones, programas y políticas de gobierno).

Adaptación dura. Adaptación basada en medidas estructurales o físicas, lo que incluiría el desarrollo de infraestructuras, servicios o la optimización tecnológica, que generalmente demandan inversiones de capital importantes. También conocida como adaptación gris.

Adaptación verde. Véase *adaptación basada en ecosistema.*

Adaptación espontánea. Véase *adaptación autónoma.*

Adaptación evolutiva. Cambio en las características funcionales de las poblaciones o especies como resultado de la actuación de la selección sobre características heredables. El ritmo de la adaptación evolutiva depende de factores como la fuerza de selección, el periodo de renovación generacional y el grado de exogamia (frente a la endogamia).

Adaptación planificada. Adaptación resultante de una decisión expresa en un marco de políticas basada en el reconocimiento de que las condiciones han cambiado o están próximas a cambiar y de que es necesario adoptar medidas para retornar a un estado deseado, para mantenerlo o para alcanzarlo.

Adaptación progresiva. Acciones de adaptación con el objetivo central de mantener la esencia y la integridad de un sistema o proceso a una escala determinada.

Adaptación transformativa. Adaptación que cambia los atributos fundamentales de un sistema socioecológico en anticipación al cambio climático y sus impactos.

Afrontamiento. Uso de las aptitudes, recursos y oportunidades disponibles para abordar, manejar y superar condiciones adversas con el objetivo de alcanzar un funcionamiento básico de las personas, instituciones, organizaciones y sistemas a corto o medio plazo.

Alerta temprana. Difusión de información efectiva y en tiempo realizada por instituciones responsables y que permite que los individuos expuestos a un peligro o amenaza tomen acciones que eviten o reduzcan el riesgo y se preparen para una respuesta efectiva.

Amenaza (peligro) [*h*]. Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios y recursos ambientales. En el presente informe, el término se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este. En este texto se usa como equivalente a peligro.

Amenaza natural. Un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Amenaza socionatural. El fenómeno de una mayor ocurrencia de eventos relativos a ciertas amenazas geofísicas e hidrometeorológicas, tales como aludes, inundaciones, subsidencia de la tierra y sequías, que surgen de la interacción de las amenazas naturales con los suelos y los recursos ambientales explotados en exceso o degradados. Este término se utiliza para aquellas circunstancias en las que las actividades humanas están incrementando la ocurrencia de ciertas amenazas más allá de sus probabilidades naturales.

Amenazas hidrometeorológicas. Es un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos o daños ambientales. Entre las amenazas hidrometeorológicas se encuentran los ciclones tropicales (también conocidos como tifones y huracanes), tempestades, granizadas, tornados, tormentas de nieve, fuertes nevadas, avalanchas, marejadas, inundaciones (entre estas, las inundaciones repentinas), sequías, olas de calor y de frío.

Antrópico o antropogénico [*a*]. Producido o modificado por la actividad humana.

Antropoceno [*An*]. Término que se propone para denominar una nueva era geológica de cambios significativos causados por los humanos en la estructura y funcionamiento del sistema terrestre, incluido el sistema climático. Esta nueva era fue propuesta por la comunidad científica en el año 2000, y actualmente está siendo sometida a un proceso de formalización. Distintas aproximaciones apuntan a que el comienzo de esta nueva era sería a mediados del siglo xx, pero todavía no existe un consenso al respecto. El concepto de Antropoceno se está utilizando desde una diversidad de disciplinas para denotar la considerable influencia que los humanos han tenido sobre el estado, las dinámicas y el futuro del sistema Tierra.

Áreas críticas de biodiversidad [*b*].Término genérico referido a un lugar con altos atributos de biodiversidad, como riqueza de especies o endemismos. En total hay 36 áreas, 8 de las cuales están en los países RIOCC.

Atlas de riesgo. Es un sistema integral de información que permite establecer bases de datos y realizar el análisis de la amenaza, exposición, vulnerabilidad y riesgo ante desastres a escala nacional, regional, estatal y municipal con objeto de generar mapas y sistemas geográficos de información. Con ello se tendrá la posibilidad de simular escenarios de desastres, emitir recomendaciones para la oportuna toma de decisiones y establecer medidas efectivas de prevención, mitigación y adaptación.

Atribución del cambio climático. La atribución se define como el proceso de evaluación de las contribuciones relativas de múltiples factores causales a un cambio o evento con una asignación de confianza estadística. Véase también *detección del cambio climático.*

Balance de carbono. Este término se refiere a tres conceptos: (1) evaluación de las fuentes y sumideros del ciclo del carbono a nivel global mediante la síntesis de las evidencias de las emisiones procedentes de los combustibles fósiles, la producción de cemento, los cambios en los usos del suelo, los sumideros del océano y la tierra y el aumento de la tasa de crecimiento de CO_2 atmosférico resultante; se suele llamar a esto balance global de carbono; (2) la estimación de la cantidad acumulada de las emisiones de dióxido de carbono que se calcula que limitan la temperatura global de la superficie en un valor determinado por encima de un periodo de referencia, tomando en consideración la contribución a la temperatura superficial global de otros gases de efecto invernadero y forzamientos climáticos, y (3) la distribución del balance de carbono definido en el punto 2, pero a nivel regional, nacional o subnacional, teniendo en cuenta consideraciones de equidad, costes o eficiencia.

Biodiversidad. Variabilidad entre los organismos vivos de los ecosistemas terrestres, marinos y de otro tipo. La biodiversidad incluye la variabilidad de los genes, las especies y los ecosistemas.

Bioma. Elemento regional de la biosfera claramente diferenciado, constituido generalmente por cierto número de ecosistemas (p. ej., bosques, ríos, estanques y pantanos de una región dada). Los biomas están caracterizados por determinadas comunidades vegetales y animales típicas.

Biosfera. Parte del sistema Tierra que abarca todos los ecosistemas y organismos vivos de la atmósfera y de la tierra (biosfera terrestre) o de la atmósfera y los océanos (biosfera marina), incluida la materia orgánica muerta resultante de ellos, en particular los restos, la materia orgánica del suelo y los detritus oceánicos.

Blanqueamiento coralino, decoloración coralina [*Co - c*]. Despigmentación del coral por pérdida de las algas simbióticas intracelulares (conocidas como zooxantelas) o pérdida de sus pigmentos.

Cambio climático. Variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que

persiste durante largos periodos, generalmente decenios o periodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos, tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antrópicos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como «cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables». La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad del clima atribuible a causas naturales.

Cambio climático asegurado. Debido a la inercia térmica del océano y a ciertos procesos lentos de la criósfera y de las superficies terrestres, el clima seguiría cambiando, aunque la composición de la atmósfera mantuviera fijos sus valores actuales. Los cambios en la composición de la atmósfera ya experimentados conllevan un cambio climático asegurado, que continuará en tanto persista el desequilibrio radiativo y hasta que todos los componentes del sistema climático se ajusten a un nuevo estado. Los cambios de temperatura sobrevenidos una vez que la composición de la atmósfera se haya estabilizado se denominan variación asegurada de temperatura a composición constante o simplemente calentamiento asegurado. El cambio climático asegurado conlleva también otros cambios, por ejemplo, del ciclo hidrológico, de los episodios meteorológicos o climáticos extremos y del nivel del mar. Con emisiones constantes aseguradas se llegaría a un cambio climático asegurado resultante de mantener constantes las emisiones de origen antrópico, y con emisiones nulas aseguradas se llegaría a un cambio climático asegurado resultante de fijar en cero las emisiones. Véase también *cambio climático.*

Cambio del nivel del mar. El nivel del mar puede cambiar, tanto en términos globales como locales, por efecto de: 1) cambios de conformación de las cuencas oceánicas; 2) cambios en el volumen del océano como resultado de un cambio en la masa del agua del océano, y 3) cambios en el volumen del océano como resultado de cambios en la densidad del agua del océano. La variación del nivel medio del mar global como resultado de la modificación de la masa del océano se denomina baristática. La variación baristática (del nivel del mar) debida a la adición o remoción de una masa de agua se denomina nivel del mar equivalente (NME). Los cambios globales y locales de nivel del mar inducidos por variaciones de la densidad del agua se denominan estéricos. Las variaciones de densidad inducidas únicamente por cambios de la temperatura se denominan termostéricas, mientras que las inducidas por modificaciones de la salinidad se denominan halostéricas. Las variaciones baristáticas y estéricas del nivel del mar no contemplan el efecto de las modificaciones en la conformación de las cuencas oceánicas inducidas por la modificación en la masa de los océanos y su distribución. Véase también *nivel medio del mar.*

Cambio global. Término genérico que describe cambios a escala global en los sistemas, incluidos el sistema climático, los ecosistemas y los sistemas socioecológicos.

Capacidad adaptativa, capacidad de adaptación [*a c*]. Capacidad de los sistemas, las instituciones, los humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.

Capacidad de afrontamiento [*c*]. Capacidad de las personas, instituciones, organizaciones y sistemas, mediante el uso de las aptitudes, valores, convicciones, recursos y oportunidades disponibles, para abordar, gestionar y superar condiciones adversas a corto o mediano plazo.

Centinela del ecosistema [*e*]. Toda especie que responde a la variabilidad del ecosistema o cambia de manera oportuna y medible y puede indicar un cambio no observado en la función del ecosistema.

Ciclón extratropical. Tormenta a gran escala (del orden de 1.000 km) en las latitudes medias o altas con una presión central baja y frentes con fuertes gradientes horizontales de temperatura y humedad. Constituye una causa importante de velocidades extremas del viento y fuerte precipitación, especialmente en invierno.

Ciclón tropical. Fuerte perturbación de escala ciclónica que se origina sobre los océanos tropicales. Se distingue de sistemas más débiles (a menudo denominados perturbaciones o depresiones tropicales) por superar un umbral de velocidad del viento. Una tempestad tropical es un ciclón tropical con vientos de superficie promedio en un minuto de entre 18 y 32 m s^{-1}. Por encima de 32 m s^{-1}, un ciclón tropical se denomina huracán, tifón o ciclón, en función del lugar geográfico.

Clima. El clima se suele definir, en sentido restringido, como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante periodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El periodo promedio habitual es de 30 años, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (p. ej., temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado, incluida una descripción estadística, del sistema climático.

Cobeneficios. Efectos positivos que una política o medida destinada a un objetivo podría tener en otros objetivos, independientemente del efecto neto sobre el bienestar social general. Los cobeneficios están a menudo sujetos a incertidumbre y dependen de las circunstancias locales y las prácticas de aplicación. Los cobeneficios también se denominan beneficios accesorios.

Comunicación del riesgo. Es un proceso interactivo de intercambio de información (datos, opiniones y sensaciones) entre individuos, grupos o instituciones. Es un diálogo en el cual se discuten múltiples mensajes que expresan preocu-

paciones, opiniones o reacciones a los propios mensajes o arreglos legales e institucionales de la gestión del riesgo.

Comunicaciones nacionales (a la CMNUCC). Informe que debe contener un inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI), información sobre la vulnerabilidad del país, el impacto y las alternativas de adaptación ante este fenómeno, así como las posibilidades de mitigación para disminuir la generación de los gases de efecto invernadero. Sus componentes son: circunstancias nacionales, inventario nacional de emisiones y absorción de gases de efecto invernadero, vulnerabilidad del país y su adaptación al cambio climático, mitigación de gases de efecto invernadero, temas transversales.

Contrapartida [*t*]. Situación que se da en el marco de una decisión sobre adaptación o mitigación en la que la consecución de un beneficio conlleva ciertos perjuicios.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) [*Un* - *t*]. Fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y rubricada ese mismo año en la Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, por más de 150 países más la Unión Europea. Su objetivo último es «la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antrópicas peligrosas en el sistema climático». La Convención entró en vigor en marzo de 1994. En 1997 la CMNUCC aprobó el Protocolo de Kioto, y en 2015, el Acuerdo de París.

Constricciones de la adaptación. Factores que hacen que sea más difícil planificar y aplicar medidas de adaptación o que restringen las opciones.

Criósfera. Todas las regiones situadas encima y debajo de la superficie terrestre y oceánica en las que el agua se halla en estado sólido, como en los hielos marinos, los hielos lacustres, los hielos fluviales, la capa de nieve, los glaciares y los mantos de hielo, así como el terreno congelado (incluido el permafrost).

Déficit de adaptación. Brecha entre el estado actual de un sistema y un estado que minimiza los impactos adversos de las condiciones y la variabilidad climáticas actuales.

Deforestación. Conversión de una extensión boscosa en no boscosa. Véanse también *reforestación* y *forestación.*

Desarrollo sostenible. Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

Desastre. Alteración grave del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debida a fenómenos físicos peligrosos que interactúan con las condiciones sociales vulnerables, dando lugar a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta inmediata a la emergencia para satisfacer las necesidades humanas esenciales, y que puede requerir apoyo externo para la recuperación.

Descarbonización [*d*]. Proceso mediante el cual los países u otras entidades tratan de lograr una economía con bajas emisiones de carbono o mediante el cual las personas tratan de reducir su consumo de carbono.

Desertificación. Degradación de las tierras en extensiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas por efecto de diversos factores, en particular las variaciones climáticas y las actividades humanas. La degradación de las tierras en extensiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas es la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las tierras de pastoreo, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada por los usos del suelo o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como: 1) la erosión del suelo causada por el viento y el agua; 2) el deterioro de las propiedades físicas, químicas, biológicas o económicas del suelo, y 3) la pérdida duradera de vegetación natural.

Deslizamiento. Una masa de material que se ha desplazado ladera abajo por la gravedad, a menudo asistida por agua cuando el material está saturado. El movimiento de tierra, roca o escombros por una pendiente puede ocurrir rápidamente o puede implicar una falla lenta y gradual.

Detección del cambio climático. La detección de cambios se define como el proceso de demostrar que el clima o un sistema afectado por el clima ha cambiado en un sentido estadístico definido sin indicar las razones del cambio. Un cambio identificado se detecta en las observaciones si la probabilidad de que ocurra casualmente debido únicamente a la variabilidad interna es baja, por ejemplo, menor del 10 %. Véase también *atribución del cambio climático.*

Dióxido de carbono (CO_2). Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso del suelo y otros procesos industriales (por ejemplo, producción de cemento). Es el principal gas de efecto invernadero de origen antrópico que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es el gas utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1.

Dióxido de carbono equivalente. Concentración de dióxido de carbono (CO_2) que produciría el mismo forzamiento radiativo que una mezcla dada de CO_2 y otros componentes de forzamiento. Esos valores pueden tener en cuenta únicamente los gases de efecto invernadero (GEI) o una combinación de GEI, aerosoles y cambio del albedo de la superficie. La concentración de CO_2-equivalente es un parámetro para comparar el forzamiento radiativo de una mezcla de diferentes componentes de forzamiento en un momento determinado, aunque no implica una equivalencia en las respuestas correspondientes por lo que se refiere al cambio climático ni al futuro forzamiento. Generalmente no existe ninguna relación entre

las emisiones de CO_2-equivalente y las concentraciones de CO_2-equivalente resultantes.

Ecotono. Área de transición entre comunidades ecológicas adyacentes.

Efecto invernadero [*Gr*]. Efecto radiativo de todos los componentes de la atmósfera que absorben en el infrarrojo. La modificación de la concentración de los gases de efecto invernadero debido a emisiones antropogénicas contribuye a un aumento de la temperatura en la superficie y en la troposfera inducido por un forzamiento radiativo instantáneo en respuesta a ese forzamiento, que gradualmente restablece el balance radiativo en la parte superior de la atmósfera. Véanse también *forzamiento radiativo* y *gases de efecto invernadero (GEI).*

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) [*El ENSO*]. El término El Niño se refería inicialmente a una corriente de aguas cálidas que discurre periódicamente a lo largo de la costa de Ecuador y Perú, alterando la pesquería local. En la actualidad, designa un calentamiento del agua en toda la cuenca del océano Pacífico tropical al este de la línea internacional de cambio de fecha. Este fenómeno oceánico está asociado a cierta fluctuación de una configuración global de la presión en la superficie tropical y subtropical que se denomina Oscilación del Sur. Este fenómeno de acoplamiento atmosférico-oceánico, cuya escala de tiempo más habitual abarca aproximadamente entre dos y siete años, es conocido como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Su presencia suele determinarse en función de la anomalía de presión en superficie entre Tahití y Darwin y de las temperaturas superficiales del mar en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial. Durante un episodio de ENOS, los alisios habituales se debilitan, reduciendo el flujo ascendente y alterando las corrientes oceánicas, con lo que aumenta la temperatura superficial del mar, lo cual debilita a su vez los alisios. Este fenómeno afecta considerablemente a la configuración del viento, la temperatura superficial del mar y la precipitación en el Pacífico tropical. Sus efectos influyen en el clima de toda la región del Pacífico y de muchas otras partes del mundo mediante teleconexiones en toda la extensión del planeta. La fase fría de ENOS se denomina La Niña.

Emisiones antrópicas, emisiones antropogénicas. Emisiones de gases de efecto invernadero, de precursores de gases de efecto invernadero y de aerosoles causadas por actividades humanas. Esas actividades comprenden la combustión de combustibles fósiles, la deforestación, los cambios de uso del suelo, la producción ganadera, la fertilización, la gestión de desechos y los procesos industriales.

Empoderamiento. Proceso mediante el cual los individuos obtienen control de sus decisiones y acciones relacionadas con su bienestar, expresan sus necesidades y se movilizan para obtener mayor acción política, social y cultural para responder a sus necesidades, a la vez que se involucran en la toma de decisiones para el mejoramiento de su bienestar y el de la comunidad. Se refiere al proceso de autodeterminación por el cual las personas o comunidades ganan control sobre su propio camino de vida. Se trata de un proceso de concienciación (tomar conciencia de todos los factores que influyen sobre la vida de las personas) y liberación (ganar poder de decisión sobre el propio destino).

Erosión del suelo. Disminución de la superficie del suelo por aire o agua que se intensifica por prácticas de deforestación relacionadas con la agricultura, desarrollo residencial o industrial, construcción de carreteras o tala de madera.

Escenario. Descripción plausible de un futuro verosímil, basada en un conjunto consistente y coherente de supuestos sobre las fuerzas motrices (p. ej. el ritmo de la evolución tecnológica y los precios) y sobre las relaciones más importantes. Obsérvese que los escenarios no son ni predicciones ni pronósticos, pero son útiles, ya que ofrecen un panorama de las consecuencias de la evolución de distintas situaciones y medidas. Véanse también *escenario climático* y *escenario de emisiones.*

Escenario climático. Representación plausible y en ocasiones simplificada del clima futuro, basada en un conjunto de relaciones climatológicas internamente coherente definido explícitamente para investigar las posibles consecuencias del cambio climático antrópico, y que puede introducirse como datos entrantes en los modelos de impacto. Las proyecciones climáticas suelen utilizarse como punto de partida para definir escenarios climáticos, aunque estos requieren habitualmente información adicional, por ejemplo, sobre el clima actual observado.

Escenario de emisiones. Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (p. ej., gases de efecto invernadero, aerosoles), basada en un conjunto coherente de supuestos sobre las fuerzas que las impulsan (p. ej., el desarrollo demográfico y socioeconómico y la evolución tecnológica) y las principales relaciones entre ellas. Los escenarios de concentraciones de GEI, obtenidos a partir de los escenarios de emisiones, se introducen en un modelo climático para obtener proyecciones climáticas. Véanse también *escenario climático* y *escenario.*

Especie invasora, especie exótica invasora [*I - c*]. Especies introducidas fuera de su zona de distribución natural en el pasado o el presente (es decir, especies exóticas), que se establecen en ecosistemas o hábitats naturales o seminaturales, son agentes de cambio y amenazan la diversidad biológica nativa.

Evaluación de la adaptación [*a*]. Práctica consistente en identificar opciones de adaptación al cambio climático y en evaluarlas en términos de disponibilidad, beneficios, costos, efectividad, eficiencia y viabilidad.

Evaluación del riesgo. Una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen. Incluye una revisión de las características téc-

nicas de las amenazas, tales como su ubicación, intensidad, frecuencia y probabilidad, el análisis del grado de exposición y de vulnerabilidad, incluidas las dimensiones físicas, sociales, de salud, económicas y ambientales, y la evaluación de la eficacia de las capacidades de afrontamiento, tanto las que imperan como las alternativas, con respecto a los posibles escenarios de riesgo. A veces, esta serie de actividades se conoce como proceso de análisis del riesgo.

Evento climático extremo, fenómeno climático extremo [*e*]. Véase *evento meteorológico extremo.*

Evento meteorológico extremo, fenómeno meteorológico extremo [*e*]. Evento meteorológico raro en determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de raro son diversas, la rareza normal de un fenómeno meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 10 o 90 de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un evento meteorológico extremo pueden variar de un lugar a otro en sentido absoluto. Cuando un patrón de meteorología extrema persiste por cierto tiempo, puede clasificarse como evento climático extremo (p. ej., una estación), especialmente si sus valores promediados o totales son extremos (p. ej., sequía o precipitación intensa a lo largo de una temporada).

Exposición. La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.

Externalidades (costos externos, beneficios externos). Se generan externalidades por las actividades humanas cuando los agentes responsables de estas no tienen suficientemente en cuenta sus efectos sobre las posibilidades de producción y consumo de otras, no existiendo posibilidad alguna de compensar tales efectos. Cuando los efectos son negativos, se trata de costos externos; cuando son positivos, de beneficios externos.

Fertilización por dióxido de carbono (CO_2). Intensificación del crecimiento vegetal debido al aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera.

Fondo de Adaptación. El Fondo de Adaptación financia proyectos y programas que ayudan a las comunidades vulnerables de los países en desarrollo a adaptarse al cambio climático. Las iniciativas se basan en las necesidades, puntos de vista y prioridades de los países. Fue establecido bajo el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Forestación. Poblar de bosque nuevo suelos que históricamente no lo han sido. Véase también *deforestación, reforestación.*

Forzamiento radiativo. Variación de la irradiación neta (la descendente menos la ascendente), expresada en W m^{-2}, en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera debida a una variación de un impulsor externo del cambio climático: por ejemplo, una variación de la concentración de dióxido de carbono de la atmósfera o de la radiación solar.

Gases de efecto invernadero (GEI). Componente gaseoso de la atmósfera, de origen natural o antrópico, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero de origen enteramente antrópico, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, que son contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO_2, N_2O y CH_4, el Protocolo de Kioto contempla como gases de efecto invernadero el hexafluoruro de azufre (SF6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

Gestión adaptativa. Proceso de planificación, aplicación y modificación iterativa de las estrategias de modificación para la gestión de los recursos frente a la incertidumbre y el cambio. La gestión adaptativa conlleva el ajuste de los enfoques en respuesta a las observaciones de su efecto y los cambios en el sistema provocados por los efectos de retroalimentación resultantes y otras variables.

Gestión ambiental. Administración mediante la fijación de metas, planificación, mecanismos jurídicos, etc., de las actividades humanas que influyen sobre el medio ambiente. El propósito es asegurar una toma de decisiones sostenidas y ambientalmente racionales, y ponerlas en práctica, permitiendo así que el proceso de desarrollo económico y social continúe en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Gestión comunitaria. Proceso por el cual los actores locales (ciudadanos, comunidades, organizaciones no lucrativas, instituciones o empresas) participan y se sienten propietarios de la identificación, análisis, evaluación, monitorización y tratamiento de los problemas que les afectan. Normalmente, requiere de coordinación y apoyo de actores externos a los niveles regional, nacional o internacional.

Gestión de desastres. Procesos sociales para diseñar, aplicar y evaluar estrategias, políticas y medidas que promuevan y mejoren las prácticas de preparación, respuesta y recuperación para casos de desastre en los distintos niveles organizativos y sociales.

Gestión del riesgo. Planes, medidas o políticas aplicados para reducir la probabilidad o las consecuencias de los riesgos o para responder a sus consecuencias.

Gestión del riesgo de desastres [*d* *DRM*]. Procesos para diseñar, aplicar y evaluar estrategias, políticas y medidas destinadas a mejorar la comprensión de los riesgos de desastre, fomentar la reducción y la transferencia de riesgos de desastre, y promover la mejora continua en las prácticas de preparación, respuesta y recuperación para casos de desastre, con el objetivo explícito de aumentar

la seguridad humana, el bienestar, la calidad de vida y el desarrollo sostenible.

Gestión integrada de zonas costeras (GIZC) [*I c*]. Enfoque integrado para la gestión sostenible de las zonas costeras, teniendo en cuenta todos los hábitats y usos costeros.

Gobernanza. Es el conjunto de procesos e instituciones a través de los cuales se determina la forma en que se ejerce el poder en un país para desarrollar sus recursos económicos y sociales. En este contexto, el buen gobierno se refiere a la transparencia y la eficacia en tres áreas fundamentales: 1) métodos de elección, control y reemplazo de los gobernantes (estabilidad institucional); 2) capacidad del gobierno para administrar recursos y aplicar políticas (marco regulatorio y eficacia del gobierno), y 3) respeto a los ciudadanos (transparencia, participación y garantía del Estado de derecho).

Gobernanza climática. Mecanismos y medidas voluntarias destinados a dirigir los sistemas sociales hacia la prevención o mitigación de los riesgos del cambio climático o la adaptación a ellos.

Humedal. Los humedales son zonas en donde el agua es el principal factor que controla el ambiente, así como la vegetación y fauna asociadas. Existen en donde la capa freática se encuentra en o cerca de la superficie del terreno o donde el terreno está cubierto por agua. La Convención Ramsar considera que son humedales, además los pantanos, marismas, lagos, ríos, turberas, oasis, estuarios y deltas, otros lugares artificiales, como embalses y salinas, y zonas marinas próximas a las costas cuya profundidad durante la marea baja no excede los 6 metros, los cuales pueden incluir manglares y arrecifes de coral.

Iberoamérica. Conjunto de los 22 países que conforman la comunidad iberoamericana: los 19 de América Latina de lengua española y portuguesa, y los de la Península Ibérica, España, Portugal y Andorra. Véase también *Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC).*

Impacto. Efectos en los sistemas naturales y humanos. El término impactos se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de eventos meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructuras debidos a la interacción de los cambios climáticos o eventos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las crecidas, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos.

Infraestructura verde [*g*]. Red de áreas naturales, seminaturales o restauradas diseñadas y gestionadas a diferentes escalas espaciales (local a global), que abarca todos los principales tipos de ecosistemas (marinos, terrestres, dulceacuícolas), y que tiene como objetivo conservar la biodiversidad, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, permitir la adaptación de la sociedad al cambio climático y ofrecer una amplia gama de otros servicios ecosistémicos.

Instituciones. Reglas y normas compartidas por los agentes sociales que orientan, restringen y conforman la interacción humana. Las instituciones pueden ser formales, como las leyes y las políticas, o informales, como las normas y convenciones. Las organizaciones, como los parlamentos, los organismos de reglamentación, las empresas privadas y los órganos comunitarios, evolucionan y actúan en respuesta a los marcos institucionales y los incentivos en su marco. Las instituciones pueden orientar, restringir y conformar la interacción humana mediante el control directo, incentivos y procesos de socialización.

Inundación. El desbordamiento de los límites normales de una corriente u otro cuerpo de agua, o la acumulación de agua en áreas que normalmente no están sumergidas. Las inundaciones incluyen inundaciones fluviales, inundaciones repentinas, inundaciones urbanas, inundaciones pluviales, inundaciones del alcantarillado, inundaciones costeras e inundaciones de lagos glaciares.

Isla térmica urbana. Calor relativo de una ciudad respecto de las áreas rurales circundantes, frecuentemente asociado a los cambios de escorrentía, los efectos en la retención de calor y las variaciones del albedo superficial.

La Niña. Véase *El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).*

Límite arbóreo. Límite geográfico superior de crecimiento arbóreo en las montañas o en latitudes altas.

Límites de la adaptación. Punto en el cual los objetivos de un actor (o las necesidades de un sistema) no pueden protegerse de riesgos intolerables por medio de acciones adaptativas.

Maladaptación. Medidas que pueden conducir a mayor riesgo de resultados adversos en relación con el clima, mayor vulnerabilidad al cambio climático o menor bienestar en el presente o en el futuro. La maladaptación es generalmente un resultado no intencionado.

Manglar. Bioma formado por árboles y arbustos halotolerantes, de suelos salinos e inundados de latitudes tropicales y subtropicales protegidas, ocupando desde el intermareal a las zonas de marea alta.

Marco de Sendai (para la reducción del riesgo de desastres). El Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030 destaca siete objetivos y cuatro prioridades de acción para prevenir nuevos riesgos de desastre y reducir los que ya existen. Es un acuerdo voluntario, no vinculante, que reconoce que el Estado tiene un papel fundamental en la reducción del riesgo de desastres, pero que esta responsabilidad deberá ser compartida con otros

decisores, incluyendo gobiernos locales y el sector privado. El propósito del acuerdo es alcanzar una reducción sustancial del riesgo de desastres y de pérdidas de vidas, medios de vida y salud, así como de bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de personas, negocios, comunidades y países.

Megaincendio. Incendio de alta intensidad, que excede la capacidad de contención de los servicios de lucha contra incendio, supera los objetivos de contención hasta que cambia el tiempo o el combustible, transforma los ecosistemas y hábitats, ocasiona importantes y duraderas pérdidas económicas y tiene altos costes de supresión, convirtiéndose, por tanto, en un desastre más que simplemente en un incidente de mayores dimensiones que un gran incendio.

Megasequía. Sequías prolongada y generalizada, que dura mucho más de lo normal, generalmente un decenio o más. Véase también *sequía.*

Migración ambiental. La migración humana implica desplazamiento a una distancia y por una duración significativa. La migración medioambiental denota la migración humana en la que los riesgos o cambios medioambientales pesan de forma importante en la decisión de migrar y en el destino de la migración. La migración puede implicar distintas categorías, como el desplazamiento directo, involuntario y temporal debido a desastres de origen meteorológico, la reinstalación voluntaria cuando los asentamientos y las economías son menos viables, o los asentamientos planificados promovidos por medidas o incentivos gubernamentales. Todas las decisiones de migración se originan por causas múltiples, por lo que no es de rigor decir que un flujo migratorio está originado únicamente por motivos medioambientales.

Mitigación (del riesgo de desastres, de los desastres). Aminoración del potencial de los impactos adversos de los peligros físicos (incluidos los inducidos por el ser humano) mediante acciones que reducen las amenazas o peligros, la exposición y la vulnerabilidad.

Mitigación (del cambio climático). Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero.

Monzón. En las regiones tropical y subtropical, inversión estacional de los vientos de superficie y de la precipitación a ellos asociada por efecto de las diferencias entre el calentamiento de la masa terrestre a escala continental y el del océano adyacente. Las lluvias monzónicas caen principalmente sobre tierra firme durante los veranos.

Necesidades de adaptación. Circunstancias que exigen medidas para garantizar la seguridad de las poblaciones y la seguridad de los activos en respuesta a los impactos climáticos.

Nivel medio del mar. Nivel de la superficie del océano en un punto particular promediado durante un periodo prolongado, como un mes o un año. A menudo se utiliza como dato de referencia nacional para las alturas en tierra.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Grupo de objetivos incluidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobados por la Cumbre de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible en 2015, cuyo fin es actuar y terminar con la pobreza, proteger el planeta y asegurar el disfrute de paz y prosperidad para todas las personas. Los 17 objetivos, también conocidos como objetivos globales, son: fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico, industria, innovación e infraestructura, reducción de las desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres, paz, justicia e instituciones sólidas, y alianzas para lograr los objetivos.

Ola de calor. Periodo anormalmente caluroso e incómodo.

Opciones de adaptación. El conjunto de estrategias y medidas que están disponibles y son apropiadas para abordar la adaptación. Incluyen un amplio conjunto de acciones que pueden categorizarse como estructurales, institucionales, ecológicas o comportamentales. Véanse también *adaptación, capacidad adaptativa, acciones maladaptativas* y *maladaptación*.

Oportunidad de adaptación [*a*]. Factores que facilitan la planificación y aplicación de medidas de adaptación, que amplían las opciones de adaptación o que proporcionan cobeneficios.

Países industrializados/desarrollados/en desarrollo [*I - t d*]. Existe una serie de criterios para clasificar los países en función de su nivel de desarrollo y para definir términos como industrializado, desarrollado o en desarrollo. En el sistema de las Naciones Unidas no existe ningún convenio establecido para la designación de países o zonas desarrolladas o en desarrollo. La División de Estadística de las Naciones Unidas especifica las regiones desarrolladas o en desarrollo basándose en la práctica común. Además, determinados países se designan como países menos adelantados, países en desarrollo sin litoral, pequeños Estados insulares en desarrollo y economías en transición. Hay muchos países que aparecen en más de una de esas categorías. El Banco Mundial utiliza el nivel de ingresos como principal criterio para clasificar a los países como de ingresos bajos, mediano bajos, medianos, mediano altos y altos. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo añade indicadores para la esperanza de vida, el nivel educativo y los ingresos en un único índice de desarrollo humano (IDH) compuesto para clasificar a los países como países de desarrollo humano bajo, medio, alto o muy alto.

Peligro. Véase *amenaza.*

Permafrost. Terreno (suelo o roca junto con el hielo y la materia orgánica que contiene) que permanece a un máximo de 0 °C durante al menos dos años consecutivos.

Plan nacional de adaptación (PNA), estrategia nacional de adaptación. Plan o estrategia formulados con el objetivo de

identificar las necesidades de adaptación a medio y largo plazo, así como de desarrollar e implementar estrategias y programas para abordar dichas necesidades. Su elaboración consiste en un proceso continuo, progresivo e iterativo, dirigido por los países desde un enfoque de género, participativo y transparente. Los planes o estrategias nacionales de adaptación se consideran herramientas imprescindibles para promover la acción coordinada y coherente en la lucha contra los efectos del cambio climático. Esta necesidad se justifica en la variedad y diversidad de actores y agentes de la adaptación, en la necesidad de desarrollar herramientas y conocimientos inexistentes, en la obligación del Estado de promover un desarrollo sostenible, en el hecho de que los efectos del cambio climático no entienden de límites administrativos y de que afectará a todos los sectores y recursos naturales críticos para los distintos países, etc.

Población desfavorecida [*Di*]. Sectores de una sociedad que están marginados, a menudo debido al bajo nivel socioeconómico, bajos ingresos, falta de acceso a servicios básicos, tales como salud o educación, falta de poder, raza, género, religión o bajo acceso a las tecnologías de comunicación.

Pobreza. La pobreza es un concepto complejo definido de diversas formas según las diferentes corrientes de pensamiento. Puede hacer referencia a circunstancias materiales (como necesidad, patrón de privación o recursos limitados), condiciones económicas (como nivel de vida, desigualdad o posición económica) o relaciones sociales (como clase social, dependencia, exclusión, falta de seguridad básica o ausencia de derechos).

Predicción climática. Una predicción climática o pronóstico climático es el resultado de un intento de obtener (a partir de un estado particular del sistema climático) una estimación de la evolución real del clima en el futuro, por ejemplo, a escala de tiempo estacional, interanual o decenal. Como la evolución futura del sistema climático puede ser muy sensible a las condiciones iniciales, estas predicciones suelen ser probabilísticas. Véanse también *proyección climática, escenario climático* y *predictibilidad.*

Predictibilidad. Capacidad de predecir el estado futuro de un sistema conociendo su estado actual y sus estados anteriores. El conocimiento de los estados actual y anterior del sistema climático suele ser imperfecto. Los modelos que mediante esos conocimientos generan predicciones climáticas son, por consiguiente, también imperfectos y el sistema climático es no lineal y caótico, todo lo cual hace que la predictibilidad del sistema climático sea inherentemente limitada. Incluso aunque se utilicen modelos y observaciones arbitrariamente precisos, existen limitaciones a la predictibilidad de un sistema no lineal como el clima.

Proyección. Evolución futura que podría seguir una magnitud o un conjunto de magnitudes, generalmente calculada mediante un modelo. A diferencia de las predicciones, las proyecciones están condicionadas por supuestos relativos, por ejemplo, a eventualidades socioeconómicas y tecnológicas futuras que podrían o no hacerse realidad. Véanse también *proyección climática* y *predicción climática.*

Proyección climática. Respuesta simulada del sistema climático a diversos escenarios de emisiones o de concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles, frecuentemente basada en simulaciones mediante modelos climáticos. Las proyecciones climáticas se diferencian de las predicciones climáticas por su dependencia del escenario de emisiones/concentraciones/forzamiento radiativo utilizado, basado en supuestos relativos, por ejemplo, a un devenir socioeconómico y tecnológico que puede o no materializarse. Véase también *escenario climático.*

Pueblos indígenas. Pueblos y naciones que, teniendo una continuidad histórica con las sociedades anteriores a la invasión y precoloniales que se desarrollaron en sus territorios, se consideran distintos de otros sectores de las sociedades que ahora prevalecen en esos territorios o en partes de los mismos. En la actualidad constituyen principalmente sectores no dominantes de la sociedad y a menudo tienen la determinación de preservar, desarrollar y transmitir a futuras generaciones sus territorios ancestrales y su identidad étnica como base de su existencia continuada como pueblo, de acuerdo con sus propios patrones culturales, instituciones sociales y sistemas legales.

REDD+. La Reducción de las Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación de los Bosques (REDD+) es un mecanismo desarrollado por las partes de la CMNUCC por el cual se crea valor financiero para el carbono acumulado en los bosques, ofreciendo incentivos a los países en desarrollo para reducir las emisiones de sus terrenos forestales e invertir en vías de desarrollo sostenible bajas en carbono. Los países en desarrollo reciben pagos basados en resultados derivados de acciones. REDD+ va más allá de la simple deforestación o degradación forestal e incluye la conservación, la gestión forestal sostenible y el incremento de las reservas de carbono.

Reducción del riesgo (de desastres). El concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos.

Reducción del riesgo de desastres basado en ecosistemas (Eco-RRD). El uso de la biodiversidad y los ecosistemas para reducir el riesgo de desastres naturales. El concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos para analizar y gestionar los factores causales de los desastres, mediante la reducción de la exposición a las amenazas, la vulnerabilidad de las personas y sus propiedades, la gestión racional de suelo y el medio ambiente y una mejor preparación para los eventos adversos. Aborda múltiples amenazas, incluidas las derivadas del cambio climático, y opera a corto o medio plazo (respuesta, recuperación y reconstrucción).

Reforestación. Poblamiento forestal de tierras que ya habían contenido bosque, pero que habían sido destinadas a otros usos.

Régimen de perturbación. Características de una perturbación ecológica relativa a la frecuencia, intensidad, estacionalidad, extensión o tipo con las que se presentan perturbaciones tales como incendios, plagas, inundaciones, sequías, heladas, etc.

Resiliencia. Capacidad de un sistema socioecológico de afrontar un evento o perturbación peligrosa respondiendo o reorganizándose de modo que mantenga su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Restauración ecológica. Proceso de ayuda para la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido.

Riesgo. Potencial de consecuencias en que algo de valor para las personas (incluyendo la propia vida) está en peligro con un desenlace incierto. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosas multiplicada por las consecuencias en caso de que ocurran tales sucesos. El riesgo resulta de la interacción entre la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza. En el presente informe, el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los impactos del cambio climático.

Riesgo aceptable. Nivel de pérdidas potenciales que se consideran aceptables por parte de una comunidad dadas las condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales existentes.

Riesgo de desastres. Probabilidad de que ocurran desastres en un determinado plazo. Véase también *desastre.*

Riesgo residual. El riesgo que permanece de forma no gestionada, incluso cuando se han implantado medidas efectivas de gestión del riesgo, y frente al cual deben mantenerse las medidas de respuesta ante la emergencia y de recuperación.

Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC). Red creada durante el IV Foro Iberoamericano de Ministros de Medio Ambiente (Cascais, Portugal, 2004) con el principal objetivo de mantener un diálogo permanente para conocer mejor las prioridades, retos y experiencias de los países iberoamericanos en materia de cambio climático. Véase también *Iberoamérica.*

Seguridad alimentaria. Situación predominante en la que las personas tienen acceso seguro a cantidades suficientes de alimentos inocuos y nutritivos para su crecimiento y desarrollo normal y para una vida activa y sana. Véase también *soberanía alimentaria.*

Seguridad hídrica. Capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano, el desarrollo socioeconómico, la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política.

Sensibilidad [*s*]. Grado en que un sistema o especie resultan afectados, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos. Los efectos pueden ser directos (p. ej., una variación del rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperatura o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (p. ej., los daños causados por un aumento de la frecuencia de las inundaciones costeras como consecuencia de una elevación del nivel del mar).

Sequía. Periodo de condiciones anormalmente secas durante un tiempo suficiente para causar un desequilibrio hidrológico grave. El término sequía es relativo y, por tanto, todo estudio sobre déficit de precipitaciones debe referirse a la actividad particular asociada a las precipitaciones objeto de examen. Por ejemplo, la escasez de precipitaciones durante el periodo de crecimiento incide en la producción de los cultivos o la función de los ecosistemas en general (debido al déficit de humedad del suelo, también denominado sequía agrícola), y durante la estación de escorrentía y percolación afecta principalmente al abastecimiento de agua (sequía hidrológica). La humedad y las aguas subterráneas almacenadas en el suelo también resultan afectadas por los aumentos en la evapotranspiración efectiva además de la disminución de la precipitación. Todo periodo con déficit anormal de precipitación se define como sequía meteorológica. Véase también *megasequía.*

Servicios ecosistémicos [*Ec*]. Procesos o funciones ecológicas que tienen un valor, monetario o no, para los individuos o para la sociedad en general. Generalmente se clasifican en: i) servicios de apoyo, por ejemplo, mantenimiento de la productividad o la biodiversidad; ii) servicios de aprovisionamiento, por ejemplo, de alimentos, fibra o agua; iii) servicios de regulación, como regulación del clima y secuestro de carbono, purificación de agua, control de plagas y patógenos, y iv) servicios culturales, como el turismo, el disfrute espiritual o estético.

Sistema de alerta temprana [*Ea*]. Método organizado y coordinado para darle a una población y a las autoridades correspondientes un aviso previo respecto a ciertas condiciones adversas esperadas (por ejemplo, meteorología adversa) y después de instrumentar las medidas efectivas planeadas en tiempo y forma para disminuir cualesquiera resultados adversos durante y después del evento.

Sistemas socioecológicos (SSE) [***So*** ***(***]**.** Sistemas compuestos de múltiples subsistemas y variables internas dentro de estos a múltiples niveles, análogos a organismos compuestos por órganos, órganos por tejidos, tejidos por células, células por proteínas, etc. En un SES complejo, subsistemas como un sistema de recursos, unidades de recursos, usuarios y sistemas de gobernanza son relativamente separables, pero interactúan para producir resultados a nivel del SSE, que, a su vez, se retroalimentan para afectar a estos subsistemas y sus componentes, así como a otros mayores o menores SES.

Soberanía alimentaria. Según la declaración de Nyeleni, la soberanía alimentaria es el derecho de los pueblos a alimentos nutritivos y culturalmente adecuados, accesibles, producidos de forma sostenible y ecológica, y su derecho a decidir su propio sistema alimentario y productivo. Véase también *seguridad alimentaria.*

Sostenibilidad [*Su*]. La característica o estado por el cual las necesidades del presente de la población local pueden satisfacerse sin comprometer la capacidad de las generaciones o poblaciones futuras en otros lugares para satisfacer las suyas.

Sumidero. Todo proceso, actividad o mecanismo que sustrae de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de cualquiera de ellos.

Teleconexiones [*t*]. Procesos que implican formas complejas de interdependencia mutua entre diferentes localidades de regiones distantes.

Urbanización. Resultado del proceso mediante el cual un terreno bruto es dotado de servicios de infraestructura, dividido en áreas destinadas al uso privado y comunal y a los demás servicios básicos, inherentes a la actividad que se va a desarrollar y apto para construir de conformidad con los reglamentos legales vigentes en la materia.

Uso del suelo, cambio de uso del suelo (uso de la tierra, cambio de uso de la tierra). Conjunto de disposiciones, actividades e insumos (conjunto de actividades humanas) adoptados para cierto tipo de cubierta terrestre. Este término se utiliza también en el sentido de los fines sociales y económicos que persigue la gestión de los suelos (p. ej., pastoreo, extracción de madera, conservación, etc.). Un cambio de uso del suelo es un cambio del empleo o gestión del suelo por los seres humanos que puede originar una modificación de la cubierta del terreno. Las modificaciones de la cubierta terrestre y del uso del suelo pueden afectar al albedo de la superficie, a la evapotranspiración, a las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero o a otras propiedades del sistema climático y pueden, por consiguiente, producir un forzamiento radiativo u otros efectos sobre el clima a nivel local o global.

Variabilidad climática [*c*]. Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o de origen antrópico (variabilidad externa).

Vector. Organismo vivo portador o huésped intermedio de un parásito o patógeno que transmite a otro huésped.

Vulnerabilidad. Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluye la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

Vulnerabilidad resultante (vulnerabilidad final). Vulnerabilidad en el punto final de una secuencia de análisis que comienza con las proyecciones de futuras tendencias de las emisiones, continúa con la elaboración de escenarios climáticos y concluye con estudios de impacto biofísico y la identificación de las opciones de adaptación. Toda consecuencia residual que queda después de haber realizado la adaptación define los niveles de vulnerabilidad.

Anexo II: Autores, revisores, comité de dirección y comisión de seguimiento del proyecto RIOCCADAPT

1. Autores y revisores

AP = autor principal; AC = autor contribuyente; RE = revisor. El país de origen de los expertos que estén trabajando fuera del mismo se señala entre corchetes.

Acha, Marcelo, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (UNMdP-CONICET), Argentina e Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Argentina (RE).

Alcántara-Ayala, Irasema, Universidad Nacional Autónoma de México, México, México (AC).

Aldunce Ide, Paulina Paz, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (AP).

Alvarez, Pablo, Universidad de La Serena, La Serena, Chile (RE).

Amador, Jorge A., Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica (AC).

Ambrizzi, Tercio, Universidad de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil (AC).

Anderson, Liana O., Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, São Paulo, Brasil (AC).

Aparicio Effen, Marilyn, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia (AC).

Aragón-Durand, Fernando, El Colegio de México, México, México (AC).

Ballester Díez, Ferran, Universitat de València, Valencia, España, FISABIO-Salut Pública, Valencia España y CIBER Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Madrid, España (RE).

Barranco, Luis M., Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Madrid, España (AC).

Barros, Vicente R., Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina (AC).

Bazo, Juan, (Red Cross/Red Crescent Climate Centre (RCCC), Lima, Perú y Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú (AC).

Berroeta, Carlos, Programa Aguas Urbanas, PHI-UNESCO, Santiago de Chile, Chile (AC).

Bilbao, Bibiana A., Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela (AP).

Blanco, Hilda, University of Southern California (USC), Los Angeles, CA, EE. UU. (RE).

Bonatti, Michelle, Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Müncheberg, Germany (RE).

Bravo de Genni, Lelys, Northern Illinois University, Illinois, USA y Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela (RE).

Brugnoli, Ernesto, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay (RE).

Buss, Daniel, Organización Panamericana de Salud (OPS/OMS), Washington DC, EE. UU. (RE).

Bustamante, Mercedes M. Da Cunha, Universidad de Brasilia, Brasilia DF, Brasil (AP).

Busto, Mercedes, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina (AC).

Cáceres, Luis, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Quito, Ecuador (RE).

Caffera, Mario, Sociedad Civil Amigos del Viento y Universidad de la República, Montevideo, Uruguay (RE).

Caille, Guillermo Martín, Universidad Nacional de la Patagonia, Trelew, Argentina (AC).

Calvo Buendía, Eduardo W., Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú (AC).

Camacho González, Antonio, Universidad de Valencia, Valencia, España (RE).

Camilloni, Inés Ángela, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina (AP).

Campos, Maximiliano, Organización de los Estados Americanos, Washington DC, EE. UU. [Costa Rica] (RE).

Cardona Arboleda, Omar Darío, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia (AP).

Carreño Tibaduiza, Martha Liliana, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España (AC).

Collin Harguindeguy, Laura, Colegio de Tlaxcala, San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala, México (RE).

Cortes Núñez, Jorge, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica (AP, AC).

Cortés Oggero, Julián, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (RE).

Costantini, Alejandro Óscar, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina (AC).

Cruz Nuñez, Xochitl, Universidad Autónoma de México, México, México (RE).

Cuvi, Nicolás, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Quito, Ecuador (RE).

De Alfaro Valenzuela, Marta Andrea, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago de Chile, Chile (AC).

De Moraes Falleiro, Rodrigo, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Centro Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais, Brasília DF, Brasil (AC).

Defosse, Guillermo E., Centro de investigación Forestal Andino Patagónico y Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Esquel, Argentina (RE).

Delgado Ramos, Gian Carlo, Universidad Nacional Autónoma de México, México, México (AP).

di Bella, José, University of Waterloo, Waterloo, ON, Canada (México) (AC).

Díaz, Julio, Escuela Nacional de Sanidad, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España (AC).

Edwards, Sally, Organización Panamericana de Salud (OPS/OMS), Washington DC, EE. UU. (RE).

Estrada, Ariana, El Colegio de Morelos, Cuernavaca, México, México (RE).

Flauzino Pires, Aliny Patrícia, Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil (AC).

Fraguell Sansbelló, Rosa M., Universidad de Girona, Girona, España (RE).

Franco, Barbara C., Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), CONICET-UBA, Buenos Aires, Argentina (RE).

Franco, Carol, Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo República Dominicana (AC).

Gamarra, Luis, Consultor independiente, Quito, Perú (RE).

García Herrera, Ricardo, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España (RE).

Gavito, Mayra E., Universidad Autónoma de México, Morelia, México (AC).

Girot, Pascal O., Ministerio de Ambiente, San José, Costa Rica (AC).

Gómez Martín, María Belén, Universidad de Barcelona, Barcelona, España (AC).

Gómez-Erache, Mónica, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay (AC).

Góngora, María Eva, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB), Trelew, Chubut, Argentina (RE).

González Laxe, Fernando, Universidad de A Coruña, A Coruña, España (RE).

González Marello, María Paz, Universidad Nacional de Tres de Febrero, Caseros, Buenos Aires, Argentina (AC).

González, Mauro, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile (AC).

González, Raúl, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina (RE).

González-Gaudiano, Edgar, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver., México (AC).

Guinder, Valeria A., Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina (RE).

Gutierrez, Dimitri, Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú (AC).

Hearn, Alex, Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Quito, Ecuador (RE).

Henríquez Ruiz, Cristian, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile (AC).

Hernández-Pedraza, Gladys Cecilia, Centro de Investigación de la Economía Mundial (CIEM), Santiago, Cuba (AC).

Ibarnegaray, Verónica, Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz, Bolivia (AC).

Ivanova, Antonina, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), La Paz, México (RE).

Jimenez, Alejandro, Consultor ambiental, San José, España [Costa Rica] (AC).

Jiménez, Virginia, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela (RE).

Kalin Arroyo, Mary Therese, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (AC).

Lacambra, Carmen, Grupo Laera, Bogotá, Colombia (AC).

Laguna Defior, Clara, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España (AC).

Lampis, Andrea, Universidad de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil [Colombia] (AC).

Lecha Estela, Luis, Centro de Estudios y Servicios Ambientales (CESAM), Villa Clara, Cuba (AC).

Llasat, María del Carmen, Universitat de Barcelona, Barcelona, España (RE).

Loboguerrero, Ana Maria, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, CGIAR), Cali, Colombia (AC).

López Vázquez, Esperanza, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México, México (RE).

Losada Rodríguez, Íñigo J., Universidad de Cantabria, Santander, España (AP).

Maggio, Andrea, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina (AC).

Mantilla, Gilma, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia e International Research Institute for Climate and Society, Columbia University, New York, EE. UU. (RE).

Manuel-Navarrete, David, Arizona State University, Tempe, AZ, EE. UU. [México] (AC).

Marengo Orsini, José Antonio, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, São Paulo, Brasil (AC).

Martínez Ibarra, Emilio, Universidad de Granada, Granada, España (RE).

Massutí, Enric, Instituto Español de Oceanografía, Palma, España (AC).

Maynou Hernández, Francesc Javier, Instituto de Ciencas del Mar, CSIC, Barceclona, España (RE).

Mena, Carlos F., Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador (AP).

Mendes Arraiol, Ketty Carla, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Caracas, Venezuela (AC).

Mendo Aguilar, Jaime H., Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú (AP).

Miglioranza, Karina S.B., Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina (AC).

Millan, Adriana, Centro de Investigación y Transferencia Rafaela (CONICET)-Universidad Nacional de Rafaela, Rafaela, Santa Fe, Argentina (AC).

Monterroso Rivas, Alejandro Ismael, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México, México (AC).

Mora Castro, Sergio, Consultor independiente, San José, Costa Rica (RE).

Moreiras, Soledad, Dirección General de Programas y Proyectos Sectoriales y Especiales, Ministerio de Agroindustria, Buenos Aires, Argentina (AC).

Moreno, José Manuel, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España (AP, AC)

Moreno Sánchez, Ana Rosa, Universidad Nacional Autónoma de México, México, México (AP).

Morici, Ernesto, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa (AC).

Muñoz, Gabriela, El Colegio de la Frontera Norte (COLEF), Tijuana, México (RE).

Nagy, Gustavo J., Universidad de la República, Montevideo, Uruguay (AC).

Narvarte, Maite, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina (RE).

Naumann, Gustavo, Instituto para el Medio Ambiente y la Sostenibilidad, Centro Común de la Investigación de la UE (JRC), Ispra, Italia y Unidad de Gestión del Riesgo Climático (UE), Bruselas, Bélgica (RE).

Nieto, Raquel, Universidad de Vigo, Vigo, España (RE).

Nieves Rodríguez, Eliezer, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, Puerto Rico, EE. UU. (AC).

Nolasco Morales, Alfredo, Comisión Nacional Forestal Sección Incendios Forestales (CONAFOR), México, México (RE).

Olcina Cantos, Jorge, Universidad de Alicante, Alicante, España (RE).

Ordóñez Iriarte, José María, Dirección General de Salud Pública de la Comunidad Autónoma de Madrid, Madrid, y Universidad Francisco de Vitoria, Pozuelo de Alarcón, España (AC).

Ortiz Partida, Jose Pablo, University of California, Davis, CA, EE. UU. (RE).

Osorio Arias, Andres, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia (RE).

Oswald Spring, Úrsula, Universidad Autónoma de México, México, México (AC).

Pacheco Mollinedo, Paula, Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y el Medio Ambiente «Agua Sustentable», La Paz, Bolivia.

Pardo Buendía, Mercedes, Universidad Carlos III de Madrid, Getafe, España (AC).

Pereira, José Miguel, Universidad de Lisboa, Lisboa, Portugal (AC).

Pérez Fernández, Joel, Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC), Ciudad de Panamá, Panamá (AC).

Pérez-Salicrup, Diego R., Universidad Nacional Autónoma de México, México, México (AC).

Pérez, Cecilia, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (AC).

Perin, Adriano, Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, Brasil (AC).

Picado, Freddy, Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC), Ciudad de Panamá, Panamá (AC).

Pinto, Carlos, Fundación Amigos de la Naturaleza, Santa Cruz, Bolivia (AC).

Poats, Susan V., Corporación Grupo Randi, Quito, Ecuador (AC).

Pons Ganddini, Diego, Universidad Rafael Landívar, Guatemala, Guatemala, y University of Denver, Denver, CO, EE. UU. (AC).

Postigo, Julio C., Indiana University, Bloomington, IN, EE. UU. [Perú] (AC).

Poveda Jaramillo, German, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia (AP).

Pulido-Velázquez, Manuel, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España (AC).

Punzón, Antonio, Instituto Español de Oceanografía, Santander, España (AC).

Quintanilla-Montoya, Ana Luz, Universidad de Colima, Colima, México (RE).

Ribeiro, Bruno, Universidad Federal de Goias, Goiânia, GO, Brasil (RE).

Rivera, Evelia, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México (AC).

Robelo-González, Eduardo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, México (AC).

Rodríguez Trejo, Dante A., Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México, México (RE).

Rosas, Angélica, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México (AC).

Rubiera, José M., Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba (AC).

Safford, Hugh D., U.S. Forest Service y University of California-Davis, Davis, CA, EE. UU. (RE).

Saito, Silvia Midori, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, São Paulo, Brasil (AC).

Sampaio Pimentel, Márcio, Universidad Federal Rural de Pernambuco Recife, PE, Brasil (AC).

Sánchez Cohen, Ignacio, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP), México, México (RE).

Sapiains Arrue, Rodolfo, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (AC).

Scarano, Fabio Rubio, Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil (AP).

Schimpf, Jorge H., Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy, Argentina (RE).

Scott, Christopher A., El Colegio de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, y Universidad de Arizona, Tucson, AZ, EE. UU. [México] (AC).

Scribano, Rossana, Centro de Investigación: Investigación para el Desarrollo, Montevideo, Paraguay (AC).

Silva, Rodolfo, Universidad Nacional Autónoma de México, México, México (AC).

Sosa Rodríguez, Fabiola S., Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Azcapotzalco, México, México (RE).

Steil, Lara, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Centro Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais, Brasília DF, Brasil (AC).

Suárez Olave, Dora C, Consultora de medio ambiente y gestión del riesgo, Bogotá, Colombia (RE).

Suárez, María Luisa, Universidad de Murcia, Murcia, España (AC).

Taboada, Miguel Angel, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina (AP).

Tam, Jorge, Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú (AC).

Tirado, María Cristina, University of California Los Angeles, Loyola Marymount University Center for Urban Resilience y Mediterranean Cities Climate Change Consortium (MC4), Los Ángeles, CA, EE. UU. [España] (AC).

Toimil, Alexandra, Universidad de Santander, Santander, España (AC).

Tomasella, Javier, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, São Paulo, Brasil (AC).

Torres, Iván, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España (AC).

Turco, Marco, Centro Nacional de Supercomputación, Barcelona, España (RE).

Ugarte Caviedes, Ana María, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (AC).

Urbieta, Itziar R., Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España (AC).

Urbina Soria, Javier, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, México (RE).

Urquiza Gómez, Anahí, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (RE).

Vale, Mariana M., Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio Janeiro, RJ, Brasil (RE).

Valenzuela, Raúl, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (RE).

Vallejo Calzada, V. Ramón, Universidad de Barcelona, Barcelona, España (RE).

Vargas, Ximena, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (RE).

Vera, Carolina, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Buenos Aires, Argentina (RE).

Vicente-Serrano, Sergio M., Instituto Pirenaico de Ecología (IPE), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Zaragoza, España (AC).

Vicuña Díaz, Sebastián, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile (AP).

Vidal-Abarca, María Rosario, Universidad de Murcia, Murcia, España (AC).

Villamizar, Alicia, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela (AC).

Villamizar, Estrella, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela (RE).

Villasante, Sebastián, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España (AC).

Winckler, Patricio, Universidad de Valvapaíso, Valparaíso, Chile (RE).

Wosnitza-Mendo, Claudia, Investigadora independiente, Perú (RE).

Yáñez Fuenzalida, Nancy, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile (AC).

Zamora Muñoz, Carmen, Universidad de Granada, Granada, España (RE).

2. Comité de dirección del proyecto

Moreno, José Manuel, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España (Coordinador).

Laguna Defior, Clara, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España (Secretaria científico-técnica).

Barros, Vicente R., Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina (Vocal).

Calvo Buendía, Eduardo W., Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú (Vocal).

Marengo Orsini, José Antonio, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), São José dos Campos, São Paulo, Brasil (Vocal).

Oswald Spring, Úrsula, Universidad Autónoma de México, México, México (Vocal).

3. Comisión de seguimiento del proyecto

Moreno, José Manuel, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España (Coordinador).

Laguna Defior, Clara, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España (Secretaria científico-técnica).

Molina Vázquez, Jesus, Oficina Técnica de Cooperación, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), San José, Costa Rica.

García Yuste, Juan Enrique, Oficina Técnica de Cooperación, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), San José, Costa Rica.

Pintó Fernández, Ana, Oficina Española de Cambio Climático (OECC), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico – Secretaría de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC), Madrid, España.