

ipcc

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL Cambio climático

# CAMBIO CLIMÁTICO 2014

*Impactos, adaptación y vulnerabilidad*

Resúmenes, preguntas frecuentes  
y recuadros multicapítulos

GT II

CONTRIBUCIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO II AL  
QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL  
GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS  
SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

# Cambio climático 2014

## Impactos, adaptación y vulnerabilidad

### Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos

Contribución del Grupo de trabajo II al  
Quinto Informe de Evaluación del  
Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el  
Cambio Climático

Editado por

**Christopher B. Field**

Copresidente del Grupo de trabajo II  
Departamento de Ecología Global  
Carnegie Institution for Science

**Vicente R. Barros**

Copresidente del Grupo de trabajo II  
Centro de Investigaciones del Mar  
y la Atmósfera Universidad de Buenos Aires

**David Jon Dokken**

Director ejecutivo

**Katharine J. Mach**

Codirectora científica

**Michael D. Mastrandrea**

Codirector científico

T. Eren Bilir      Monalisa Chatterjee      Kristie L. Ebi      Yuka Otsuki Estrada      Robert C. Genova      Betelhem Girma

Eric S. Kissel

Andrew N. Levy

Sandy MacCracken

Patricia R. Mastrandrea

Leslie L. White

Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo II

Editores científicos para la traducción: Eduardo Calvo Buendía y José M. Moreno

© 2014 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

ISBN 978-92-9169-241-5

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos en los mapas no entrañan, de parte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

**Utilice la siguiente referencia para citar esta publicación:**

IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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), 200 págs. (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso)

**Foto de la portada:**

Siembra de plantones de mangle en Funafala, Atolón de Funafuti, Tuvalu. © David J. Wilson

# Índice

<b>Parte preliminar</b>	<b>Prólogo</b>	vii
	<b>Prefacio</b>	ix
	<b>Dedicatoria</b>	xiii
<b>RRP</b>	<b>Resumen para responsables de políticas</b>	1
<b>RS</b>	<b>Resumen técnico</b>	35
<b>PF</b>	<b>Preguntas frecuentes</b>	99
<b>Recuadros CC</b>	<b>Recuadros multicapítulos</b>	105
<b>Anexo</b>	<b>Glosario</b>	179





# **Prólogo, prefacio y dedicatoria**



# Prólogo

*Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad* es el segundo volumen del Quinto Informe de Evaluación (IE5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) — *Cambio climático 2013/2014* — y fue preparado por su Grupo de trabajo II. El volumen se centra en analizar por qué es importante el cambio climático y se organiza en dos partes, dedicadas respectivamente a los sistemas humanos y naturales y a los aspectos regionales, en las que se incorporan los resultados de los informes de los Grupos de trabajo I y III. En el volumen se abordan los impactos que ya han ocurrido y los riesgos de los impactos futuros, especialmente el modo en que esos riesgos varían con cada incremento de cambio climático y con las inversiones en adaptación a los cambios climáticos que ya son inevitables. Tanto para los impactos del pasado como para los del futuro, el enfoque básico de la evaluación consiste en describir los conocimientos existentes sobre vulnerabilidad, las características y las interacciones que hacen que algunos episodios sean devastadores mientras que otros ocurran sin apenas dejar rastro.

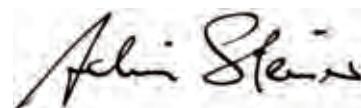
Tres son los elementos nuevos en esta evaluación. Cada uno de ellos contribuye a una comprensión más rica y detallada del cambio climático en el contexto de su mundo real. El primer elemento nuevo es la gran ampliación hecha de los temas tratados en la evaluación. Al pasar de los 20 capítulos del Cuarto Informe de Evaluación a los 30 del Quinto, la evaluación del Grupo de trabajo II deja claro que la ampliación de los conocimientos sobre el cambio climático y sus impactos demanda dedicar atención a más sectores, en particular a los sectores relacionados con la seguridad alimentaria, los medios de subsistencia y los océanos. El segundo elemento nuevo es la focalización generalizada en el riesgo, un riesgo que engloba la combinación de resultados inciertos y de algo de valor en peligro. Con el riesgo como base se ofrece un marco para utilizar información sobre la gama completa de posibles resultados, incluidos no solo los resultados más probables sino también los episodios de baja probabilidad pero de grandes consecuencias. El tercer elemento nuevo es la sólida fundamentación en la evidencia de que los impactos del cambio climático normalmente implican una serie de factores interrelacionados, a los que se añaden las nuevas dimensiones y complicaciones del cambio climático. El corolario es que para comprender los impactos del cambio climático se necesita una perspectiva muy amplia.

El IPCC se estableció en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el mandato de proporcionar a la comunidad mundial la información científica, técnica y socioeconómica más actualizada y completa sobre el cambio climático. Desde entonces, las evaluaciones del IPCC han desempeñado un papel fundamental para instar a los gobiernos a adoptar y aplicar políticas como respuesta al cambio climático, entre ellas la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Protocolo de Kyoto. El Quinto Informe de Evaluación del IPCC aporta una importante base de información para los responsables de políticas del mundo, a fin de ayudarlos a responder al desafío del cambio climático.

El informe *Impactos, adaptación y vulnerabilidad* se pudo realizar gracias al compromiso y la labor voluntaria de un gran número de científicos destacados. Quisiéramos expresar nuestra gratitud a todos los autores principales coordinadores, autores principales, autores contribuyentes, editores-revisores y revisores. Asimismo nos gustaría dar las gracias al personal de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo II y de la Secretaría del IPCC por el esfuerzo que han dedicado a organizar la producción de este informe tan satisfactorio del IPCC. Además, quisiéramos dar las gracias al Sr. Rajendra K. Pachauri, Presidente del IPCC, por su paciente y constante dirección durante todo el proceso, y a los Sres. Vicente Barros y Chris Field, Copresidentes del Grupo de trabajo II, por su competente liderazgo. También quisiéramos hacer extensivo nuestro reconocimiento y agradecimiento a los gobiernos e instituciones que contribuyeron al Fondo Fiduciario del IPCC y apoyaron la participación de sus científicos residentes en el proceso del IPCC. Quisiéramos hacer una mención particular del Gobierno de Estados Unidos de América, que financió la Unidad de apoyo técnico, del Gobierno de Japón, que acogió la reunión plenaria para la aprobación del informe, y de los Gobiernos de Japón, Estados Unidos de América, Argentina y Eslovenia, que acogieron las reuniones de redacción para preparar el informe.



M. Jarraud  
Secretario General  
Organización Meteorológica Mundial



A. Steiner  
Director ejecutivo  
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente



# Prefacio

La contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (GTII IE5 del IPCC) estudia los impactos, adaptación y vulnerabilidad en relación con el cambio climático. Ofrece una panorámica general y actualizada del estado actual de conocimientos y el nivel de certidumbre, basándose en la literatura científica, técnica y socioeconómica disponible. Al igual que con los demás productos del IPCC, el informe es el resultado de un proceso de evaluación concebido para poner de relieve tanto los mensajes sobre el panorama general como sobre los detalles fundamentales, integrar los conocimientos de las diversas disciplinas, evaluar la solidez de la evidencia subyacente a las conclusiones e identificar los temas en los que existen carencias de conocimientos. La evaluación se centra en brindar información que apoye una buena toma de decisiones por las distintas partes interesadas a todos los niveles. Es una singular fuente de conocimientos que sirve de apoyo a las decisiones y al mismo tiempo evita de forma escrupulosa tomar partido por ninguna opción de política particular.

## Alcance del informe

El informe sobre los impactos, adaptación y vulnerabilidad en relación con el cambio climático abarca una vasta variedad de temas. Con la profundización de los conocimientos sobre el cambio climático, tomamos conciencia de las conexiones en expansión y de las diversas esferas, actividades y activos en situación de riesgo. En un principio la investigación se centró en los impactos directos de la temperatura y la precipitación en los seres humanos, los cultivos y las plantas y animales silvestres. Las nuevas evidencias apuntan a la importancia de la comprensión no solo de esos impactos directos, sino también de los impactos indirectos potenciales, entre ellos los que se pueden transmitir por todo el planeta por conducto del comercio, los viajes y la seguridad. Consecuentemente, pocos son los aspectos de la actividad humana o los procesos ecosistémicos naturales que quedan aislados de los posibles impactos en un clima cambiante. La interconectividad del sistema Tierra hace que sea imposible trazar un límite alrededor de los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad en relación con el cambio climático. Este informe no tiene por objeto delimitar esta cuestión. En su lugar, se centra en elementos fundamentales e identifica puntos de conexión en los que la cuestión del cambio climático se solapa o fusiona con otras cuestiones.

En el carácter inclusivo de la cuestión del cambio climático subyacen tres nuevos elementos importantes de la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación. El primero es la cobertura explícita que se da a una mayor variedad de temas, con nuevos capítulos. La creciente base de conocimientos, expresada en un corpus de literatura publicada en rápido crecimiento, permite realizar una evaluación más profunda en una serie de temas. Algunos de ellos son geográficos y se abordan especialmente mediante dos nuevos capítulos sobre los océanos. Otros capítulos nuevos desarrollan con mayor detalle temas tratados en anteriores evaluaciones, poniendo de manifiesto la mayor complejidad de las investigaciones disponibles. La mayor cobertura de los asentamientos humanos, la seguridad y los medios de subsistencia se basa en nuevas investigaciones relacionadas con la dimensión humana del cambio climático. El gran aumento experimentado en la

literatura publicada sobre la adaptación motivó su evaluación en un grupo de capítulos.

El segundo elemento nuevo de énfasis se centra en el cambio climático como desafío para la gestión y reducción del riesgo, así como para el aprovechamiento de oportunidades. Son varias las ventajas de comprender el riesgo de los impactos del cambio climático como resultado del solapamiento de los peligros del clima físico y la vulnerabilidad y exposición de las personas, los ecosistemas y las cosas. Algunas de las ventajas resultan de la oportunidad de evaluar factores que regulan cada componente de riesgo. Otras se refieren al modo en que una focalización en el riesgo puede allanar el camino para encontrar soluciones. La focalización en el riesgo puede ser el nexo entre la experiencia en el pasado y las proyecciones futuras. Ayuda a integrar el papel de los valores extremos y subraya la importancia de considerar la gama completa de posibles resultados, al tiempo que posibilita el empleo de una gama de herramientas útiles para la toma de decisiones en un contexto de incertidumbre.

El tercer elemento nuevo de énfasis vincula la interconectividad del cambio climático con la focalización en el riesgo. Los riesgos del cambio climático se manifiestan en entornos en los que interactúan muchos procesos y factores de estrés. A menudo el cambio climático actúa principalmente añadiendo nuevas dimensiones y complicaciones a problemas que a veces están presentes desde hace mucho tiempo. La apreciación del contexto de múltiples factores de estrés asociado a los riesgos del cambio climático puede posibilitar el acceso a nuevas percepciones y enfoques para encontrar soluciones.

El mayor conocimiento de los riesgos del cambio climático puede ser un punto de partida para comprender las oportunidades y consecuencias de las posibles soluciones. Parte del espacio de soluciones se ubica en el dominio de la mitigación, ya estudiado ampliamente en la contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación. Dicha contribución trata la adaptación en profundidad, pero son muchas las posibilidades que surgen al vincular la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible en relación con el cambio climático. A diferencia de como solía hacer la literatura en el pasado, que tendía a caracterizar la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible como agendas en competencia, la nueva literatura descubre las complementariedades y arroja luz sobre las posibilidades de aprovechar las inversiones en la gestión y reducción de los riesgos del cambio climático para posibilitar la pujanza de las comunidades, la robustez de las economías y la salud de los ecosistemas en todas partes del mundo.

## Estructura del informe

La contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC consta de un breve resumen para responsables de políticas, un resumen técnico más extenso y 30 capítulos temáticos, además de anexos de apoyo. Una serie de recuadros multicapítulos y una colección de preguntas frecuentes ofrecen una perspectiva integrada sobre las cuestiones clave seleccionadas. Las versiones electrónicas de todos los contenidos impresos, además del material complementario en línea, se pueden consultar sin costo alguno en la dirección [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).

El informe se publica en dos partes. La parte A trata temas a escala global para una amplia variedad de sectores, que comprenden sistemas físicos, biológicos y humanos. La parte B considera los mismos temas, pero desde una perspectiva regional; estudia las cuestiones derivadas de la yuxtaposición del cambio climático, el medio ambiente y los recursos disponibles. Desde el punto de vista conceptual, existe un cierto solapamiento entre el material de las partes A y B, pero el contraste en el enfoque hace que cada parte sea singularmente pertinente para un grupo particular de partes interesadas. Para establecer el contexto y satisfacer las necesidades de los usuarios centrándose en las cuestiones a escala regional, la parte B extrae los materiales seleccionados en las contribuciones de los Grupos de trabajo I y III al Quinto Informe de Evaluación. Como reconocimiento de los diferentes propósitos de las dos partes y del equilibrio existente en las contribuciones de los copresidentes, el orden en que aparecen los editores es distinto en ambas partes, siendo Chris Field quien encabeza la parte A, y Vicente Barros la B.

Los 20 capítulos de la parte A se distribuyen en seis grupos temáticos.

#### Contexto para el Quinto Informe de Evaluación

En los dos capítulos de este grupo, a saber, 1) Punto de partida y 2) Bases para la toma de decisiones, se resumen brevemente las conclusiones del Cuarto Informe de Evaluación y la contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación. Se explican los motivos de la focalización en el cambio climático como desafío en la gestión y reducción de riesgos y se evalúa la pertinencia de diversos enfoques en la toma de decisiones en el contexto del cambio climático.

#### Recursos y sistemas naturales y gestionados y sus usos

En los cinco capítulos de este grupo, a saber, 3) Recursos de agua dulce, 4) Sistemas terrestres y acuáticos continentales, 5) Sistemas costeros y zonas bajas del litoral, 6) Sistemas oceánicos y 7) Seguridad alimentaria y sistemas de producción de alimentos, se estudian diversos sectores, con un nuevo énfasis en la seguridad de los recursos. El capítulo dedicado a los sistemas oceánicos, centrado en los procesos que tienen lugar en los sistemas oceánicos, es un elemento importante de la cobertura mayor que se da a los océanos en la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación.

#### Asentamientos humanos, industria e infraestructura

Los tres capítulos de este grupo, a saber, 8) Zonas urbanas, 9) Zonas rurales y 10) Sectores y servicios económicos clave, ofrecen una mayor cobertura de los asentamientos y la actividad económica. Siendo tantas las personas que viven en las ciudades y que se trasladan a vivir en ellas, las zonas urbanas cada vez son más importantes para la comprensión de la cuestión del cambio climático.

#### Salud, bienestar y seguridad humanos

Los tres capítulos de este grupo, a saber, 11) Salud humana: impactos, adaptación y cobeneficios, 12) Seguridad humana y 13) Medios de subsistencia y pobreza, hacen mayor hincapié en las personas. En estos capítulos se aborda una serie de procesos que van de las enfermedades transmitidas por vectores a los conflictos y la migración. En ellos se evalúa la pertinencia de los conocimientos locales y tradicionales.

#### Adaptación

El tratamiento ampliado de la adaptación es uno de los cambios que lleva la firma de la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación. Los capítulos tratan los siguientes temas: 14) Necesidades y opciones de adaptación, 15) Planificación y ejecución de la adaptación, 16) Oportunidades, restricciones y limitaciones de la adaptación, y 17) Economía de la adaptación. Esta cobertura refleja el gran aumento experimentado en la literatura y el surgimiento de planes de adaptación al cambio climático en muchos países y la acción concreta en algunos de ellos.

#### Impactos, riesgos, vulnerabilidades y oportunidades multisectoriales

Los tres capítulos de este grupo, a saber, 18) Detección y atribución de los impactos observados, 19) Riesgos emergentes y vulnerabilidades clave y 20) Trayectorias resilientes al clima: adaptación, mitigación y desarrollo sostenible, recogen material de los capítulos de las partes A y B para centrarse de forma muy definida en los aspectos del cambio climático que solo surgen al examinar muchos ejemplos en todas las regiones de la Tierra y el conjunto de la actividad humana. En estos capítulos se ofrece una visión integradora de las tres cuestiones centrales de la comprensión de los riesgos en un clima cambiante: qué impactos han tenido lugar hasta la fecha (y qué certeza se tiene de su conexión con el cambio climático); cuáles son los riesgos más importantes de cara al futuro; y cuáles son las oportunidades de vincular las respuestas al cambio climático con otros objetivos sociales.

Los 10 capítulos de la parte B comienzan con el capítulo 21) Contexto regional, que está estructurado para ayudar al lector a comprender y aprovechar la información regional. A dicho capítulo le siguen otros nueve dedicados a distintas regiones del mundo: 22) África, 23) Europa, 24) Asia, 25) Australasia, 26) América del Norte, 27) América Central y del Sur, 28) Regiones polares, 29) Islas pequeñas, y 30) El océano (con un enfoque regional en las cuestiones del océano, incluida la utilización humana de los recursos oceánicos). Cada capítulo de esta parte es un recurso íntegro para las partes interesadas regionales, al tiempo que también contribuye a la evaluación global y se basa en ella. Los aspectos más relevantes de estos capítulos son los mapas regionales del cambio climático, que complementan el Atlas de las proyecciones climáticas mundiales y regionales del Grupo de trabajo I, y la cuantificación de los riesgos regionales clave. Cada capítulo analiza las cuestiones y los temas más pertinentes en la región.

## Proceso

La contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC se preparó en conformidad con los procedimientos del IPCC. Las líneas generales de los capítulos se debatieron y definieron en una reunión exploratoria que tuvo lugar en Venecia en julio de 2009, y las líneas generales para las tres contribuciones de los Grupos de trabajo se aprobaron en la 31<sup>a</sup> reunión del IPCC celebrada en Bali (Indonesia) en noviembre de 2009. Los gobiernos y las organizaciones observadoras del IPCC nombraron expertos para el equipo de autores. La Mesa del Grupo de trabajo II seleccionó al equipo de 64 autores principales coordinadores, 179 autores principales y 66 editores-revisores y la Mesa del IPCC lo aprobó en mayo de 2010. Aportaron textos más de 400 autores contribuyentes, seleccionados por los equipos de autores de los capítulos.

Se presentaron borradores preparados por los equipos de autores para dos rondas formales de revisión por expertos, una de las cuales también implicó una revisión por los gobiernos. Los equipos de autores revisaron los proyectos de capítulos tras cada ronda de revisión y los editores-revisores se esforzaron para que cada comentario de revisión se considerara plenamente y, cuando fue procedente, los capítulos se ajustaron para reflejar los puntos señalados por los revisores. Además, los gobiernos participaron en una ronda final de examen del proyecto de Resumen para responsables de políticas. Todos los borradores de los capítulos, comentarios de revisión y respuestas de los autores se pueden consultar en línea en [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch). Considerando todos los borradores, para la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Revisión se recibieron 50 492 comentarios de 1 729 revisores expertos individuales procedentes de 84 países. El Resumen para responsables de políticas se aprobó línea por línea por el IPCC y los capítulos de fondo se aprobaron en la 10<sup>a</sup> reunión del Grupo de trabajo II del IPCC y en la 38<sup>a</sup> reunión del IPCC celebrada en Yokohama (Japón) del 25 al 30 de marzo de 2014.

## Agradecimientos

Para el Quinto Informe de Evaluación, el Grupo de trabajo II contó con un extraordinario equipo de autores. En muchos aspectos, el equipo de autores abarcó la comunidad científica completa, incluidos los científicos que llevaron a cabo las investigaciones y redactaron los artículos de investigación en los que se basó la evaluación, así como los revisores que aportaron sus conocimientos en más de 50 000 comentarios de revisión. Pero el proceso realmente se basó en el intelecto, los conocimientos y la dedicación de las 309 personas, procedentes de 70 países, que integraron el equipo del Grupo de trabajo II de autores principales contribuyentes, autores principales y editores-revisores. Dichas personas, con el apoyo de un talentoso grupo de científicos voluntarios para los capítulos y la asistencia de numerosos autores contribuyentes, demostraron un inspirado compromiso con la calidad científica y el servicio público. Lamentablemente, tres de nuestros autores más experimentados fallecieron durante el período de redacción del informe. Extrañamos mucho a JoAnn Carmin, Abby Sallenger y Steve Schneider.

Nos beneficiamos enormemente del asesoramiento y la dirección proporcionados por la Mesa del Grupo de trabajo II: Amjad Abdulla (Maldivas), Eduardo Calvo Buendía (Perú), José M. Moreno (España), Nirivololona Raholijao (Madagascar), Sergey Semenov (Federación de Rusia) y Neville Smith (Australia). Su comprensión de los recursos y las preocupaciones regionales fue de incalculable valor.

Durante todo el Quinto Informe de Evaluación nos beneficiamos notablemente de los conocimientos y las percepciones de nuestros colegas en la dirección del IPCC, especialmente de su Presidente, R.K. Pachauri. Todos los miembros del Comité ejecutivo del IPCC trabajaron con eficacia y abnegación en las cuestiones relacionadas con los informes de los tres grupos de trabajo. Hacemos extensivo nuestro caluroso agradecimiento a todos los miembros del Comité ejecutivo: R.K. Pachauri, Ottmar Edenhofer, Ismail El Gizouli, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Hoesung Lee, Ramón Pichs Madruga, Qin Dahe, Youba Sokona, Thomas Stocker y Jean-Pascal van Ypersele.

Apreciamos mucho la entusiasta cooperación de los países que albergaron las excelentes reuniones de trabajo que mantuvimos, entre ellas cuatro reuniones de los autores principales y la 10<sup>a</sup> reunión del Grupo de trabajo II. Agradecemos mucho el apoyo demostrado por los Gobiernos de Japón, Estados Unidos, Argentina y Eslovenia por acoger las reuniones de autores principales, y por el Gobierno de Japón por acoger la reunión de aprobación. El Gobierno de Estados Unidos brindó un apoyo financiero esencial para la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo II. Merecen un agradecimiento especial los jefes del Programa de Investigación del Cambio Global de Estados Unidos por organizar la financiación a través de muchos organismos de investigación.

Quisiéramos muy particularmente dar las gracias al personal de la Secretaría del IPCC: Renate Christ, Gaetano Leone, Carlos Martin-Novella, Jonathan Lynn, Brenda Abrar-Milani, Jesbin Baidya, Laura Biagioni, Mary Jean Burer, Annie Courtin, Judith Ewa, Joelle Fernandez, Nina Peeva, Sophie Schlingemann, Amy Smith y Werani Zabula. Damos las gracias a Francis Hayes por haber actuado como funcionario de conferencias para la reunión de aprobación. También damos las gracias a las personas que coordinaron la organización de cada una de las reuniones de autores principales, concretamente a Mizue Yuzurihara y Claire Summers (primera reunión de autores principales), Sandy MacCracken (segunda reunión), Ramiro Saurral (tercera reunión) y Mojca Deželak (cuarta reunión). Varios estudiantes de Japón, Estados Unidos, Argentina y Eslovenia ayudaron con las reuniones de autores principales.

La Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo II estuvo impecable. Combinó avance científico con excelencia técnica, visión artística, gran resiliencia y profunda dedicación, por no mencionar la destacada competencia demostrada por los copresidentes para compensar las inadvertencias y deficiencias. Dave Dokken, Mike Mastrandrea, Katie Mach,

Kris Ebi, Monalisa Chatterjee, Sandy MacCracken, Eric Kissel, Yuka Estrada, Leslie White, Eren Bilir, Rob Genova, Beti Girma, Andrew Levy y Patricia Mastrandrea hicieron fabulosas contribuciones al informe. Además, David Ropeik (preguntas frecuentes), Marcos Senet (asistente de Vicente Barros), Terry Kornak (ediciones técnicas), Marilyn Anderson (índice), Liu Yingjie (apoyo a los autores chinos) y Janak Pathak (comunicaciones del PNUMA) realizaron un trabajo crucial. Kyle Terran, Gete Bond y Sandi Fikes facilitaron los viajes. Las contribuciones voluntarias de John Kelley y Ambarish Malpani mejoraron considerablemente la dirección de referencia. Catherine Lemmi, Ian Sparkman y Danielle Olivera fueron pasantes fuera de lo común.

Quisiéramos asimismo expresar nuestro profundo agradecimiento personal a nuestras familias y a las familias de los autores y revisores. Somos conscientes de lo tolerantes que todos han sido con las muchas y largas noches de trabajo y de que muchos fines de semana podrían haberlos disfrutado con sus cónyuges, padres e hijos en lugar de estar pegados al ordenador o refunfuñando por otro nuevo encargo.



Vicente Barros  
Copresidente del Grupo de trabajo II del IPCC



Chris Field  
Copresidente del Grupo de trabajo II del IPCC

## Dedicatoria



Fotografía: Odd-Steinar Tollefsen

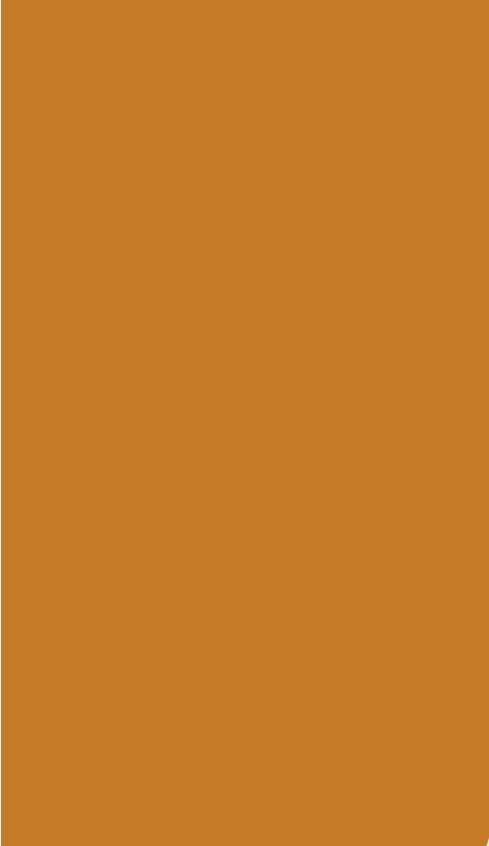
**Yuri Antonievich Izrael**  
**(15 de mayo de 1930 al 23 de enero de 2014)**

La contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC está dedicada a la memoria del Profesor Yuri Antonievich Izrael, primer Presidente del Grupo de trabajo II, entre 1988 y 1992, y Vicepresidente del IPCC, entre 1992 y 2008. El Profesor Izrael fue un pionero al abrir las puertas que permitieron que miles de científicos aportaran su contribución a la labor del IPCC.

A lo largo de una larga y distinguida carrera, el Profesor Izrael fue un gran impulsor de las ciencias ambientales, la meteorología, la climatología y las organizaciones internacionales, en especial el IPCC y la Organización Meteorológica Mundial. Investigador creativo e inagotable constructor institucional, el Profesor Izrael fundó y durante más de dos decenios dirigió el Instituto de Clima Global y Ecología.

En el IPCC, el Profesor Izrael desempeñó un papel fundamental en la creación de un equilibrio en los esfuerzos del IPCC sobre observaciones cuidadosas, mecanismos y proyecciones sistemáticas con utilización de escenarios. Fue un destacado defensor de la integración robusta de la excelencia científica y la amplia participación en los informes del IPCC, así como un pionero de muchos de los aspectos que aseguran la exhaustividad e integridad de los informes del IPCC.





# **Resumen para responsables de políticas**



## Resumen para responsables de políticas

### Autores del equipo de redacción:

Christopher B. Field (Estados Unidos de América), Vicente R. Barros (Argentina), Michael D. Mastrandrea (Estados Unidos de América), Katharine J. Mach (Estados Unidos de América), Mohamed A.-K. Abd Rabo (Egipto), W. Neil Adger (Reino Unido), Yury A. Anokhin (Federación de Rusia), Oleg A. Anisimov (Federación de Rusia), Douglas J. Arent (Estados Unidos de América), Jonathon Barnett (Australia), Virginia R. Burkett (Estados Unidos de América), Rongshuo Cai (China), Monalisa Chatterjee (Estados Unidos de América/India), Stewart J. Cohen (Canadá), Wolfgang Cramer (Alemania/Francia), Purnamita Dasgupta (India), Debra J. Davidson (Canadá), Fatima Denton (Gambia), Petra Döll (Alemania), Kirstin Dow (Estados Unidos de América), Yasuaki Hijioka (Japón), Ove Hoegh-Guldberg (Australia), Richard G. Jones (Reino Unido), Roger N. Jones (Australia), Roger L. Kitching (Australia), R. Sari Kovats (Reino Unido), Joan Nyman Larsen (Islandia), Erda Lin (China), David B. Lobell (Estados Unidos de América), Iñigo J. Losada (España), Graciela O. Magrin (Argentina), José A. Marengo (Brasil), Anil Markandya (España), Bruce A. McCarl (Estados Unidos de América), Roger F. McLean (Australia), Linda O. Mearns (Estados Unidos de América), Guy F. Midgley (Sudáfrica), Nobuo Mimura (Japón), John F. Morton (Reino Unido), Isabelle Niang (Senegal), Ian R. Noble (Australia), Leonard A. Nurse (Barbados), Karen L. O'Brien (Noruega), Taikan Oki (Japón), Lennart Olsson (Suecia), Michael Oppenheimer (Estados Unidos de América), Jonathan T. Overpeck (Estados Unidos de América), Joy J. Pereira (Malasia), Elvira S. Poloczanska (Australia), John R. Porter (Dinamarca), Hans-O. Pörtner (Alemania), Michael J. Prather (Estados Unidos de América), Roger S. Pulwarty (Estados Unidos de América), Andy Reisinger (Nueva Zelanda), Aromar Revi (India), Patricia Romero Lankao (Méjico), Oliver C. Ruppel (Namibia), David E. Satterthwaite (Reino Unido), Daniela N. Schmidt (Reino Unido), Josef Settele (Alemania), Kirk R. Smith (Estados Unidos de América), Dáithí A. Stone (Canadá/Sudáfrica/Estados Unidos de América), Avelino G. Suárez (Cuba), Petra Tschakert (Estados Unidos de América), Riccardo Valentini (Italia), Alicia Villamizar (Venezuela), Rachel Warren (Reino Unido), Thomas J. Wilbanks (Estados Unidos de América), Poh Poh Wong (Singapur), Alistair Woodward (Nueva Zelanda), Gary W. Yohe (Estados Unidos de América)

### Este Resumen para responsables de políticas debe ser citado del siguiente modo:

IPCC, 2014: 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, págs. 1-32 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

# Índice

<b>Evaluación y gestión de los riesgos del cambio climático .....</b>	<b>3</b>
Recuadro de información general RRP.1   Contexto de la evaluación .....	4
Recuadro de información general RRP.2   Términos fundamentales para la comprensión del Resumen .....	5
Recuadro de información general RRP.3   Comunicación del grado de incertidumbre en las conclusiones de la evaluación .....	6
<b>A: Impactos, vulnerabilidad y adaptación observados en un mundo complejo y cambiante .....</b>	<b>4</b>
A-1. Impactos, vulnerabilidad y exposición observados .....	4
A-2. Experiencia de adaptación .....	8
A-3. El contexto de la toma de decisiones .....	9
<b>B: Futuros riesgos y oportunidades en relación con la adaptación .....</b>	<b>11</b>
B-1. Riesgos clave en los sectores y las regiones .....	11
Recuadro de evaluación RRP.1   Interferencia humana en el sistema climático .....	12
B-2. Riesgos sectoriales y potencial de adaptación .....	14
B-3. Riesgos clave regionales y potencial de adaptación .....	20
Recuadro de evaluación RRP.2   Riesgos clave regionales .....	21
<b>C: Gestión de futuros riesgos y creación de resiliencia .....</b>	<b>25</b>
C-1. Principios de adaptación eficaz .....	25
C-2. Trayectorias resilientes al clima y transformación .....	28
<b>Material complementario .....</b>	<b>30</b>

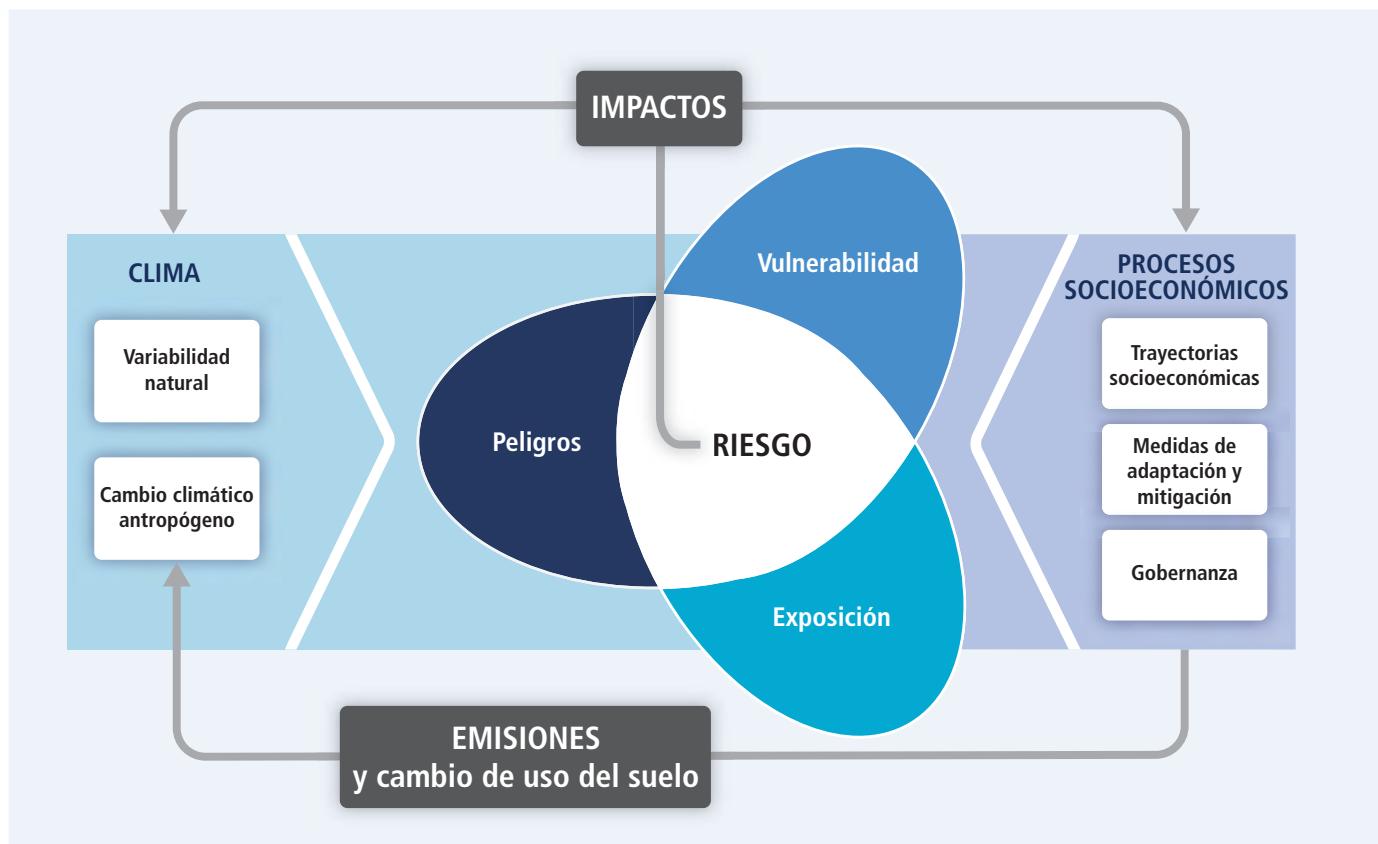
## EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Se está produciendo una interferencia humana en el sistema climático,<sup>1</sup> y el cambio climático plantea riesgos para los sistemas humanos y naturales (figura RRP.1). La evaluación de los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad en la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación (GTII IE5) del IPCC analiza el modo en que están cambiando los patrones de riesgos y los beneficios potenciales debido al cambio climático, y estudia cómo se pueden reducir y gestionar los impactos y los riesgos relacionados con el cambio climático por medio de la adaptación y la mitigación. En el informe se evalúan las necesidades, opciones, oportunidades, limitaciones, resiliencia, límites y otros aspectos asociados a la adaptación.

El cambio climático conlleva interacciones complejas y cambios en las probabilidades de impactos diversos. La focalización en el riesgo, que supone un planteamiento nuevo en el presente informe, ayuda a la toma de decisiones en el contexto del cambio climático y complementa otros elementos del informe. Las personas y las sociedades pueden percibir o jerarquizar los riesgos y los beneficios potenciales de formas diferentes, según los diversos valores y objetivos.

En comparación con los anteriores informes del Grupo de trabajo II, su contribución al Quinto Informe de Evaluación analiza una base de conocimientos sustancialmente mayor de publicaciones científicas, técnicas y socioeconómicas pertinentes. Gracias al mayor número de publicaciones se ha facilitado la evaluación exhaustiva de un conjunto más amplio de temas y sectores, con mayor cobertura de los sistemas humanos, la adaptación y el océano. Véase el recuadro de información general RRP.1.<sup>2</sup>

En la sección A del presente resumen se describen los impactos, la vulnerabilidad y la exposición observados, así como las respuestas de adaptación existentes hasta la fecha. En la sección B se examinan los futuros riesgos y los beneficios potenciales. En la sección C se estudian los principios de adaptación eficaz y las amplias interacciones existentes entre la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible. El recuadro de información general RRP.2 define conceptos centrales, y el RRP.3 presenta los términos utilizados para expresar el grado de incertidumbre conexo a las principales conclusiones. Las referencias de los capítulos mostradas entre corchetes y en las notas al pie indican un respaldo de las conclusiones, las figuras y los cuadros.



**Figura RRP.1** | Ilustración de los conceptos básicos de la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación. El riesgo de los impactos conexos al clima se deriva de la interacción de los peligros conexos al clima (incluidos episodios y tendencias peligrosos) con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y naturales. Los cambios en el sistema climático (izquierda) y los procesos socioeconómicos, incluidas las adaptación y mitigación (derecha), son impulsores de peligros, exposición y vulnerabilidad. [19.2, figura 19-1]

<sup>1</sup> Una de las principales conclusiones de la contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación (GTI IE5) es que “*es sumamente probable* que la influencia humana haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX” [GTI IE5 RRP secciones D.3, 2.2, 6.3, 10.3-6, 10.9]

<sup>2</sup> 1.1, figura 1-1

## Recuadro de información general RRP.1 | Contexto de la evaluación

En los últimos dos decenios, el Grupo de trabajo II del IPCC ha elaborado evaluaciones de los impactos del cambio climático, y la adaptación y la vulnerabilidad a él. La contribución de este grupo al Quinto Informe de Evaluación se basa en la contribución del grupo al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2007, y en el *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático* (Informe SREX), publicado en 2012, y sigue la pauta de la contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación (GTI IE5).<sup>3</sup>

El número de publicaciones científicas disponibles para evaluar los impactos del cambio climático y la adaptación y la vulnerabilidad a él se han más que duplicado entre 2005 y 2010, siendo especialmente rápido el aumento en el número de publicaciones relativas a la adaptación. También han aumentado los autores de países en desarrollo de las publicaciones sobre el cambio climático, si bien todavía representan una pequeña fracción del total.<sup>4</sup>

La contribución GTII IE5 se presenta en dos partes (Parte A: Aspectos globales y sectoriales, y Parte B: Aspectos regionales), lo que refleja la ampliación de la base de publicaciones y el enfoque multidisciplinario, la mayor focalización en los impactos y las respuestas sociales y la cobertura integral continuada a nivel regional.

## A: IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN OBSERVADOS EN UN MUNDO COMPLEJO Y CAMBIANTE

### A-1. Impactos, vulnerabilidad y exposición observados

**En los últimos decenios, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos.** La evidencia de los impactos del cambio climático es más sólida y completa para los sistemas naturales. Hay impactos en los sistemas humanos que también se han atribuido<sup>5</sup> al cambio climático, con una contribución grande o pequeña del cambio climático distingible de otras influencias. Véase la figura RRP.2. La atribución de los impactos observados en GTII IE5 generalmente vincula las respuestas de los sistemas naturales y humanos al cambio climático observado, con independencia de su causa.<sup>6</sup>

**En muchas regiones, las cambiantes precipitaciones o el derretimiento de nieve y hielo están alterando los sistemas hidrológicos, lo que afecta a los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad (nivel de confianza medio).** Los glaciares siguen retrocediendo prácticamente por todo el planeta debido al cambio climático (nivel de confianza alto), lo que afecta a la escorrentía y los recursos hídricos aguas abajo (nivel de confianza medio). El cambio climático está causando el calentamiento del permafrost y el deshielo en las regiones de altas latitudes y en las regiones elevadas (nivel de confianza alto).<sup>7</sup>

**Muchas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas han modificado sus áreas de distribución geográfica, actividades estacionales, pautas migratorias, abundancias e interacciones con otras especies en respuesta al cambio climático en curso (nivel de confianza alto).** Véase la figura RRP.2B. Mientras que tan solo se han atribuido hasta ahora unas cuantas extinciones recientes de especies al cambio climático (nivel de confianza alto), el cambio climático global natural a velocidades inferiores a las del actual cambio climático antropógeno causaron en los últimos millones de años importantes modificaciones de los ecosistemas y extinciones de especies (nivel de confianza alto).<sup>8</sup>

**Sobre la base de muchos estudios que abarcan un amplio espectro de regiones y cultivos, los impactos negativos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos han sido más comunes que los impactos positivos (nivel de confianza alto).** El menor número de estudios que muestran impactos positivos tratan principalmente de regiones de altas latitudes, aunque aún no está claro si el saldo de los impactos ha sido negativo o positivo en esas regiones (nivel de confianza alto). El cambio climático ha afectado negativamente al rendimiento del trigo y el maíz en muchas regiones y en el total global (nivel de confianza medio). Los efectos en el rendimiento del arroz y la soja han sido menores en las principales regiones de producción y a nivel global, con un cambio nulo en la mediana con todos los datos disponibles, que son menores en el caso de la soja en comparación con los de otros cultivos. Los impactos observados están relacionados principalmente con los aspectos de la seguridad alimentaria de la producción en lugar del acceso u otros componentes de la seguridad alimentaria. Véase la

<sup>3</sup> 1.2-3

<sup>4</sup> 1.1, figura 1-1

<sup>5</sup> El término *atribución* se utiliza de forma diferente en los Grupos de trabajo I y II. La atribución en el Grupo de trabajo II considera los vínculos entre los impactos en los sistemas naturales y humanos y el cambio climático observado, con independencia de qué lo provoque. En comparación, la atribución en el Grupo de trabajo I cuantifica los vínculos entre el cambio climático observado y la actividad humana, así como otros motores climáticos externos.

<sup>6</sup> 18.1, 18.3-6

<sup>7</sup> 3.2, 4.3, 18.3, 18.5, 24.4, 26.2, 28.2, cuadros 3-1 y 25-1, figuras 18-2 y 26-1

<sup>8</sup> 4.2-4, 5.3-4, 6.1, 6.3-4, 18.3, 18.5, 22.3, 24.4, 25.6, 28.2, 30.4-5, recuadros 4-2, 4-3, 25-3, CC-AC, y CC-BM

## Recuadro de información general RRP.2 | Términos fundamentales para la comprensión del Resumen<sup>9</sup>

**Cambio climático:** Variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos 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 antropógenos 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 períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

**Peligro:** 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, ecosistemas y recursos ambientales. En el presente informe, el término *peligro* se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este.

**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 y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.

**Impactos:** Efectos en los sistemas naturales y humanos. En el presente informe, el término *impactos* se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios 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 debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos 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 inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos.

**Riesgo:** Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro (véase la figura RRP.1). En el presente informe, el término *riesgo* se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático.

**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.

**Transformación:** Cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos. En este resumen, la transformación podría reflejar paradigmas, objetivos o valores reforzados, alterados o armonizados dirigidos a promover la adaptación en pro del desarrollo sostenible, en particular la reducción de la pobreza.

**Resiliencia:** Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

<sup>9</sup> En el glossario de GTII IE5 se definen muchos términos utilizados en los capítulos del informe. Como reflejo del progreso en la ciencia, algunas de sus definiciones difieren en alcance y enfoque de las definiciones utilizadas en el Cuarto Informe de Evaluación y otros informes del IPCC.

## Recuadro de información general RRP.3 | Comunicación del grado de incertidumbre en las conclusiones de la evaluación<sup>10</sup>

El grado de incertidumbre de cada conclusión principal de la evaluación se basa en el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la evidencia (por ejemplo, los datos, la comprensión de los mecanismos, la teoría, los modelos y el juicio experto) y el grado de acuerdo. Los términos del resumen utilizados para describir la evidencia son: *limitada, media o sólida*; y para describir el nivel de acuerdo: *bajo, medio o alto*.

La confianza en la validez de una conclusión sintetiza la evaluación de la evidencia y el nivel de acuerdo. Los niveles de confianza comprenden cinco calificativos: *muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto*.

La probabilidad de algún resultado bien definido que ha ocurrido o vaya a ocurrir en el futuro se puede describir cuantitativamente mediante los siguientes términos: *prácticamente seguro*, probabilidad del 99-100%; *sumamente probable*, 95-100%; *muy probable*, 90-100%; *probable*, 66-100%; *más probable que improbable*, >50-100%; *tan probable como improbable*, 33-66%; *improbable*, 0-33%; *muy improbable*, 0-10%; *sumamente improbable*, 0-5%; y *extraordinariamente improbable*, 0-1%. A menos que se indique otra cosa, las conclusiones a las que se ha asignado un término de probabilidad están asociadas con un *nivel de confianza alto o muy alto*. Si procede, las conclusiones también se expresan en forma de afirmaciones de hechos sin utilizar calificadores de incertidumbre.

Dentro de los párrafos de este resumen, los términos que expresan la confianza, la evidencia y el nivel de acuerdo dados para una conclusión principal formulada en negrita se aplican a las afirmaciones posteriores del mismo párrafo, a menos que se indiquen otros términos.

figura RRP.2C. Desde el Cuarto Informe de Evaluación, los diversos períodos de rápidos aumentos en el precio de los alimentos y los cereales que siguen a episodios climáticos extremos en las principales regiones de producción indican que actualmente los mercados son sensibles, entre otros factores, a los valores climáticos extremos (*nivel de confianza medio*).<sup>11</sup>

**Actualmente la carga mundial de mala salud humana a causa del cambio climático es relativamente pequeña en comparación con los efectos de otros factores de estrés y no está bien cuantificada.** No obstante, se ha producido un aumento de la mortalidad asociada al calor y una disminución de la mortalidad asociada al frío en algunas regiones como resultado del calentamiento (*nivel de confianza medio*). Los cambios locales en la temperatura y la precipitación han alterado la distribución de algunas enfermedades transmitidas por el agua y vectores de enfermedades (*nivel de confianza medio*).<sup>12</sup>

**Las diferencias en la vulnerabilidad y la exposición se derivan de factores distintos del clima y de desigualdades multidimensionales producidas a menudo por procesos de desarrollo dispares** (*nivel de confianza muy alto*). **Esas diferencias hacen que sean diferentes los riesgos derivados del cambio climático.** Véase la figura RRP.1. Las personas que están marginadas en los planos social, económico, cultural, político, institucional u otro son especialmente vulnerables al cambio climático así como a algunas respuestas de adaptación y mitigación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Esta mayor vulnerabilidad raras veces se debe a una sola causa. Más bien, es el producto de procesos sociales interrelacionados que se traducen en desigualdades en las situaciones socioeconómicas y los ingresos, así como en la exposición. Entre esos procesos sociales, cabe mencionar por ejemplo la discriminación por motivo de género, clase, etnicidad, edad y (dis)capacidad.<sup>13</sup>

**Los impactos de los recientes fenómenos extremos conexos al clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, ponen de relieve una importante vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática** (*nivel de confianza muy alto*). Entre los impactos de esos fenómenos extremos conexos al clima figuran la alteración de ecosistemas, la desorganización de la producción de alimentos y el suministro de agua, daños a la infraestructura y los asentamientos, morbilidad y mortalidad, y consecuencias para la salud mental y el bienestar humano. Para los países, independientemente de su nivel de desarrollo, esos impactos están en consonancia con una importante falta de preparación para la actual variabilidad climática en algunos sectores.<sup>14</sup>

**Los peligros conexos al clima agravan otros factores de estrés, a menudo con resultados negativos para los medios de subsistencia, especialmente para las personas que viven en la pobreza** (*nivel de confianza alto*). Los peligros conexos al clima afectan a las vidas de las personas pobres directamente a través de impactos en los medios de subsistencia, reducciones en los rendimientos de los cultivos o destrucción de hogares e, indirectamente, a través de, por ejemplo, aumentos en los precios de los alimentos y en la inseguridad alimentaria. Los efectos positivos observados para los pobres y los marginados, que son reducidos y generalmente indirectos, comprenden ejemplos como la diversificación de las redes sociales y de las prácticas agrícolas.<sup>15</sup>

<sup>10</sup> 1.1, recuadro 1-1

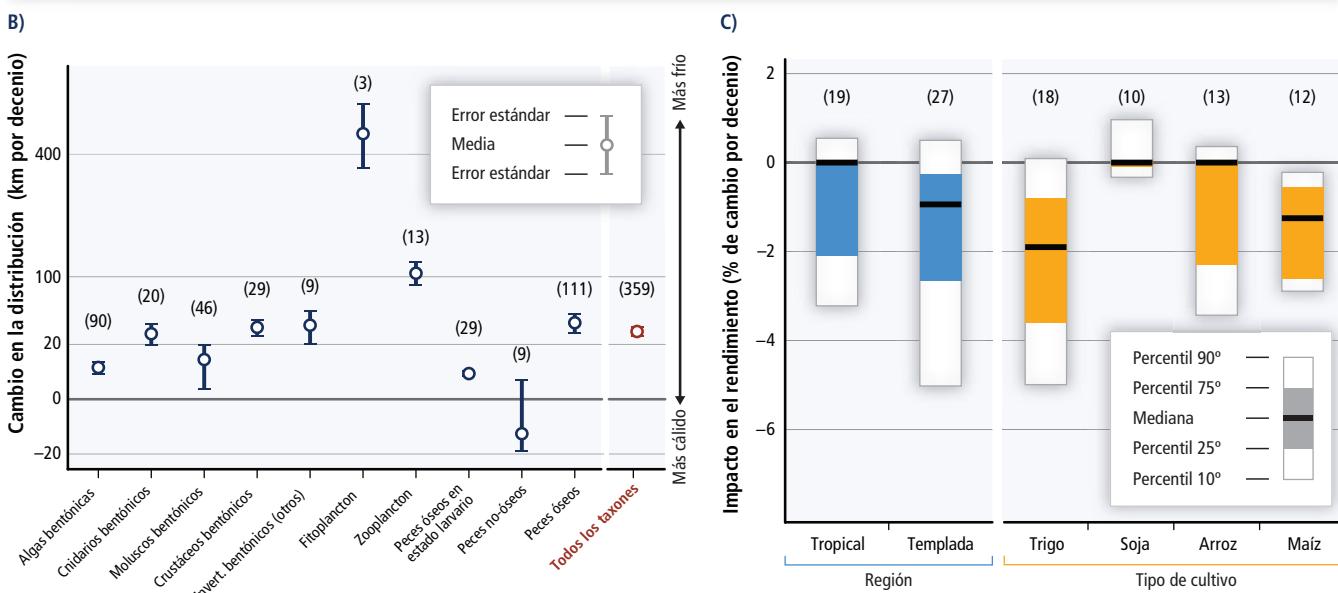
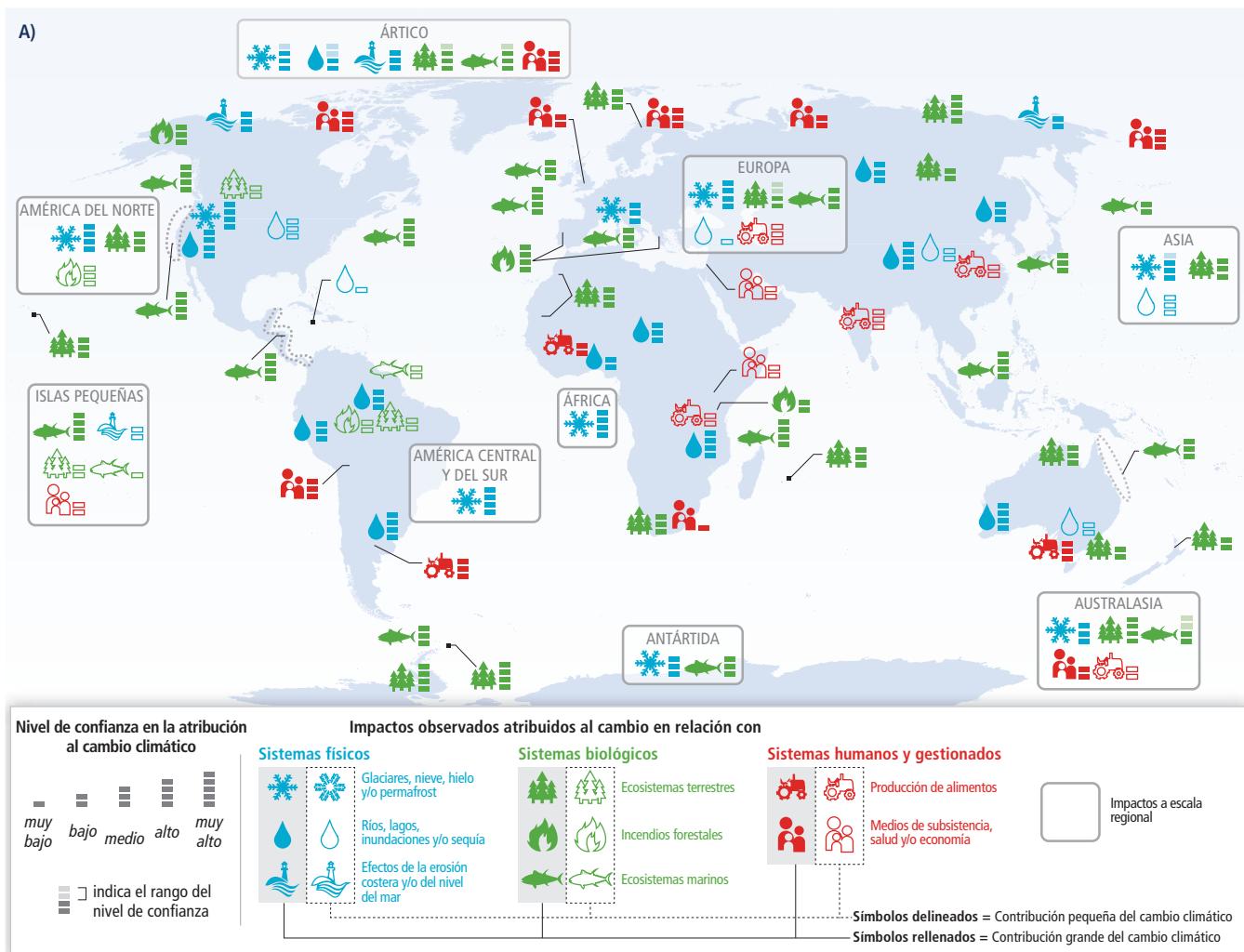
<sup>11</sup> 7.2, 18.4, 22.3, 26.5, figuras 7-2, 7-3 y 7-7

<sup>12</sup> 11.4-6, 18.4, 25.8

<sup>13</sup> 8.1-2, 9.3-4, 10.9, 11.1, 11.3-5, 12.2-5, 13.1-3, 14.1-3, 18.4, 19.6, 23.5, 25.8, 26.6, 26.8, 28.4, recuadro CC-GC

<sup>14</sup> 3.2, 4.2-3, 8.1, 9.3, 10.7, 11.3, 11.7, 13.2, 14.1, 18.6, 22.3, 25.6-8, 26.6-7, 30.5, cuadros 18-3 y 23-1, figura 26-2, recuadros 4-3, 4-4, 25-5, 25-6, 25-8 y CC-AC

<sup>15</sup> 8.2-3, 9.3, 11.3, 13.1-3, 22.3, 24.4, 26.8



**Figura RRP.2 |** Impactos generalizados en un mundo cambiante. A) Patrones globales de los impactos en los últimos decenios atribuidos al cambio climático, basados en los estudios realizados desde el Cuarto Informe de Evaluación. Los impactos se muestran en una serie de escalas geográficas. Los símbolos indican categorías de impactos atribuidos, la relativa contribución del cambio climático (grande o pequeña) al impacto observado y el nivel de confianza en la atribución. Para consultar las descripciones de los impactos, véase el cuadro RRPA1 del material complementario. B) Promedio de las tasas de cambio en la distribución (km por decenio) para grupos taxonómicos marinos basados en observaciones en el período 1900-2010. Los cambios en la distribución positivos son congruentes con el calentamiento (al pasar hacia aguas anteriormente más frías, generalmente en dirección a los polos). El número de respuestas analizadas se da entre paréntesis para cada categoría. C) Resumen de los impactos estimados de los cambios climáticos observados en relación con los rendimientos en el período 1960-2013 para cuatro cultivos importantes en regiones templadas y tropicales, con el número de puntos de datos analizados entre paréntesis para cada categoría. [figuras 7-2, 18-3 y BM-2]

**Los conflictos violentos hacen que aumente la vulnerabilidad al cambio climático (evidencia media, nivel de acuerdo alto).** Los conflictos violentos a gran escala dañan los activos que facilitan la adaptación, entre ellos la infraestructura, las instituciones, los recursos naturales, el capital social y las oportunidades de obtener medios de subsistencia.<sup>16</sup>

## A-2. Experiencia de adaptación

A lo largo de la historia, los pueblos y las sociedades se han adaptado al clima, su variabilidad y sus extremos, y los han afrontado, con diversos grados de éxito. Esta sección se centra en las respuestas de adaptación del ser humano a los impactos del cambio climático observados y proyectados, respuestas que también pueden abordar objetivos más amplios de reducción del riesgo y desarrollo.

**La adaptación se va incorporando en algunos procesos de planificación, siendo más limitada la aplicación de respuestas (nivel de confianza alto).** Las opciones de ingeniería y tecnología son respuestas de adaptación que se emplean habitualmente y que a menudo están integradas en los programas en vigor como la gestión de riesgos de desastre y la gestión de los recursos hídricos. Cada vez es mayor el reconocimiento del valor de las medidas sociales, institucionales y basadas en el ecosistema, y de la amplitud de las limitaciones de adaptación. Las opciones de adaptación adoptadas hasta el momento siguen haciendo hincapié en ajustes progresivos y los cobeneficios y empiezan a centrarse en la flexibilidad y el aprendizaje (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). La mayoría de las evaluaciones de la adaptación se han limitado a los impactos, la vulnerabilidad y la planificación de la adaptación, y son muy pocas las evaluaciones realizadas de los procesos de aplicación o los efectos de las medidas de adaptación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*).<sup>17</sup>

**La experiencia de adaptación se va acumulando en diversas regiones en los sectores público y privado y dentro de las comunidades (nivel de confianza alto). Los gobiernos de distintos niveles están comenzando a desarrollar planes y políticas de adaptación y a integrar las consideraciones del cambio climático en planes de desarrollo más amplios.** Cabe citar como ejemplos de adaptación en las regiones los siguientes:

- En África, la mayoría de los gobiernos nacionales están iniciando sistemas de gobernanza para la adaptación. La gestión de riesgos de desastre, los ajustes en las tecnologías y la infraestructura, los enfoques basados en el ecosistema, las medidas de salud pública básica y la diversificación de los medios de subsistencia están redundando en una menor vulnerabilidad, si bien hasta el momento se trata de iniciativas aisladas.<sup>18</sup>
- En Europa se ha desarrollado una política de adaptación transversal a todos los niveles de gobierno, con parte de la planificación de la adaptación integrada en la gestión de las costas y de los recursos hídricos, en la protección ambiental y la planificación territorial, y en la gestión de los riesgos de desastre.<sup>19</sup>
- En Asia se facilita la adaptación en algunas esferas mediante la incorporación de las medidas de adaptación climática en los planes de desarrollo subnacionales, los sistemas de alerta temprana, la gestión integrada de los recursos hídricos, la agrosilvicultura y la reforestación costera de manglares.<sup>20</sup>
- En Australasia cada vez es más generalizada la adopción de una planificación para la elevación del nivel del mar, y en el sur de Australia para la disponibilidad de agua. La planificación para la elevación del nivel del mar ha evolucionado considerablemente en los últimos dos decenios y muestra una diversidad de enfoques, si bien su aplicación sigue siendo fragmentaria.<sup>21</sup>
- En América del Norte los gobiernos dirigen sus esfuerzos a la evaluación y planificación de la adaptación progresiva, especialmente a nivel municipal. Se está produciendo una adaptación proactiva destinada a proteger inversiones a largo plazo en infraestructura energética y pública.<sup>22</sup>
- En América Central y del Sur se está llevando a cabo una adaptación basada en el ecosistema que comprende áreas protegidas, acuerdos de conservación y gestión comunitaria. En el sector agrícola de algunas zonas se están incorporando variedades de cultivos resilientes, predicciones climáticas y una gestión integrada de los recursos hídricos.<sup>23</sup>
- En el Ártico, algunas comunidades han empezado a aplicar estrategias de cogestión adaptativa y a desplegar infraestructura de comunicaciones, combinando conocimientos tradicionales y científicos.<sup>24</sup>
- En las islas pequeñas, con atributos físicos y humanos diversos, se ha comprobado que la adaptación basada en la comunidad genera mayores beneficios cuando se aplica en conjunción con otras actividades de desarrollo.<sup>25</sup>
- En el océano, la cooperación internacional y la planificación espacial marina están comenzando a facilitar la adaptación al cambio climático, con limitaciones por problemas de escala espacial y cuestiones de gobernanza.<sup>26</sup>

<sup>16</sup> 12.5, 19.2, 19.6

<sup>17</sup> 4.4, 5.5, 6.4, 8.3, 9.4, 11.7, 14.1, 14.3-4, 15.2-5, 17.2-3, 21.3, 21.5, 22.4, 23.7, 25.4, 26.8-9, 30.6, recuadros 25-1, 25-2, 25-9 y CC-EA

<sup>18</sup> 22.4

<sup>19</sup> 23.7, recuadros 5-1 y 23-3

<sup>20</sup> 24.4-6, 24.9 recuadro CC-CT

<sup>21</sup> 25.4, 25.10, cuadro 25-2, recuadros 25-1, 25-2 y 25-9

<sup>22</sup> 26.7-9

<sup>23</sup> 27.3

<sup>24</sup> 28.2, 28.4

<sup>25</sup> 29.3, 29.6, cuadro 29-3, figura 29-1

<sup>26</sup> 30.6

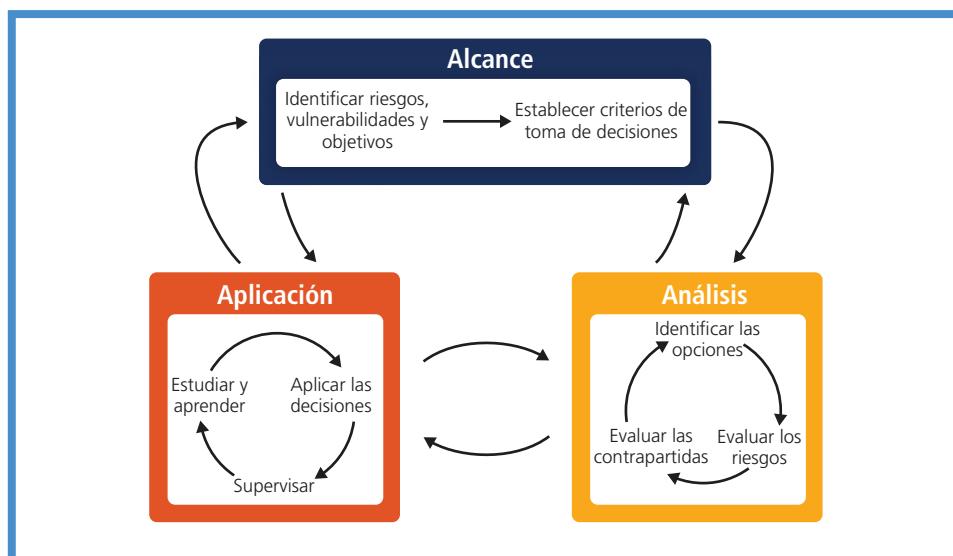
### A-3. El contexto de la toma de decisiones

Hace tiempo que la variabilidad y los extremos climáticos son importantes en muchos contextos de toma de decisiones. Los riesgos conexos al clima ahora evolucionan con el tiempo debido al cambio climático y el desarrollo. En esta sección se parte de la experiencia actual en la toma de decisiones y la gestión del riesgo. Crea una base para la comprensión de la evaluación que se hace en el informe de los futuros riesgos conexos al clima y las posibles respuestas.

**Responder a los riesgos conexos al clima implica tomar decisiones en un mundo cambiante, con una incertidumbre constante acerca de la gravedad y el momento en que se sentirán los impactos del cambio climático y con límites en la eficacia de la adaptación (*nivel de confianza alto*).** La gestión iterativa de riesgos es un marco útil para la toma de decisiones en situaciones complejas caracterizadas por importantes consecuencias posibles, incertidumbres persistentes, largos marcos temporales, potencial de aprendizaje, y múltiples influencias climáticas y de otro tipo que varían con el tiempo. Véase la figura RRP.3. La evaluación de la gama más amplia posible de posibles impactos, incluidos los resultados de baja probabilidad con grandes consecuencias, es fundamental para la comprensión de los beneficios y las contrapartidas de las medidas alternativas de gestión de riesgos. La complejidad de las medidas de adaptación en todas las escalas y contextos significa que la supervisión y el aprendizaje son componentes importantes de la adaptación eficaz.<sup>27</sup>

**Las opciones de adaptación y mitigación que se elijan a corto plazo afectarán a los riesgos del cambio climático durante todo el siglo XXI (*nivel de confianza alto*).** En la figura RRP.4 se muestra el calentamiento proyectado con arreglo a un escenario de mitigación de bajas emisiones y un escenario de altas emisiones [trayectorias de concentración representativas (RCP) 2.6 y 8.5], junto con los cambios de temperatura observados. Los beneficios de la adaptación y mitigación se dan en marcos cronológicos diferentes pero solapados. El aumento proyectado de la temperatura global en los próximos decenios es similar en todos los escenarios de emisiones (figura RRP.4B).<sup>28</sup> Durante este período a corto plazo, los riesgos irán variando conforme interactúen las tendencias socioeconómicas con el clima cambiante. Las respuestas sociales, en particular las adaptaciones, influirán en los resultados a corto plazo. En la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente, el aumento de la temperatura global diverge en los distintos escenarios de emisiones (figuras RRP.4B y 4C).<sup>29</sup> Durante este período a más largo plazo, la adaptación y mitigación a corto y largo plazo, al igual que las trayectorias de desarrollo, determinarán los riesgos del cambio climático.<sup>30</sup>

**La evaluación de los riesgos en GTII IE5 se basa en diversos tipos de evidencia. El juicio experto se utiliza para integrar la evidencia en las evaluaciones de los riesgos.** Entre los tipos de evidencia cabe mencionar, por ejemplo, las observaciones empíricas, los resultados experimentales, la comprensión basada en los procesos, los métodos estadísticos y los modelos de simulación y descriptivos. Los futuros riesgos en relación con el cambio climático varían sustancialmente entre las distintas trayectorias de desarrollo plausibles, y la importancia relativa del desarrollo y el cambio climático varían según los distintos sectores, regiones y períodos temporales (*nivel de confianza alto*). Los escenarios son herramientas útiles para caracterizar las posibles futuras trayectorias socioeconómicas, el cambio climático y sus riesgos, y las implicaciones de las políticas. Las proyecciones de los modelos climáticos que informan sobre las evaluaciones de los riesgos en el presente informe están generalmente basadas en las trayectorias de concentración representativas (RCP) (figura RRP.4), así como en los antiguos escenarios del *Informe especial sobre escenarios de emisiones* (IE-EE) del IPCC.<sup>31</sup>



**Figura RRP.3 |** Adaptación al cambio climático como proceso de gestión iterativa del riesgo con múltiples retroalimentaciones. Las personas y los conocimientos configuran el proceso y sus resultados. [figura 2-1]

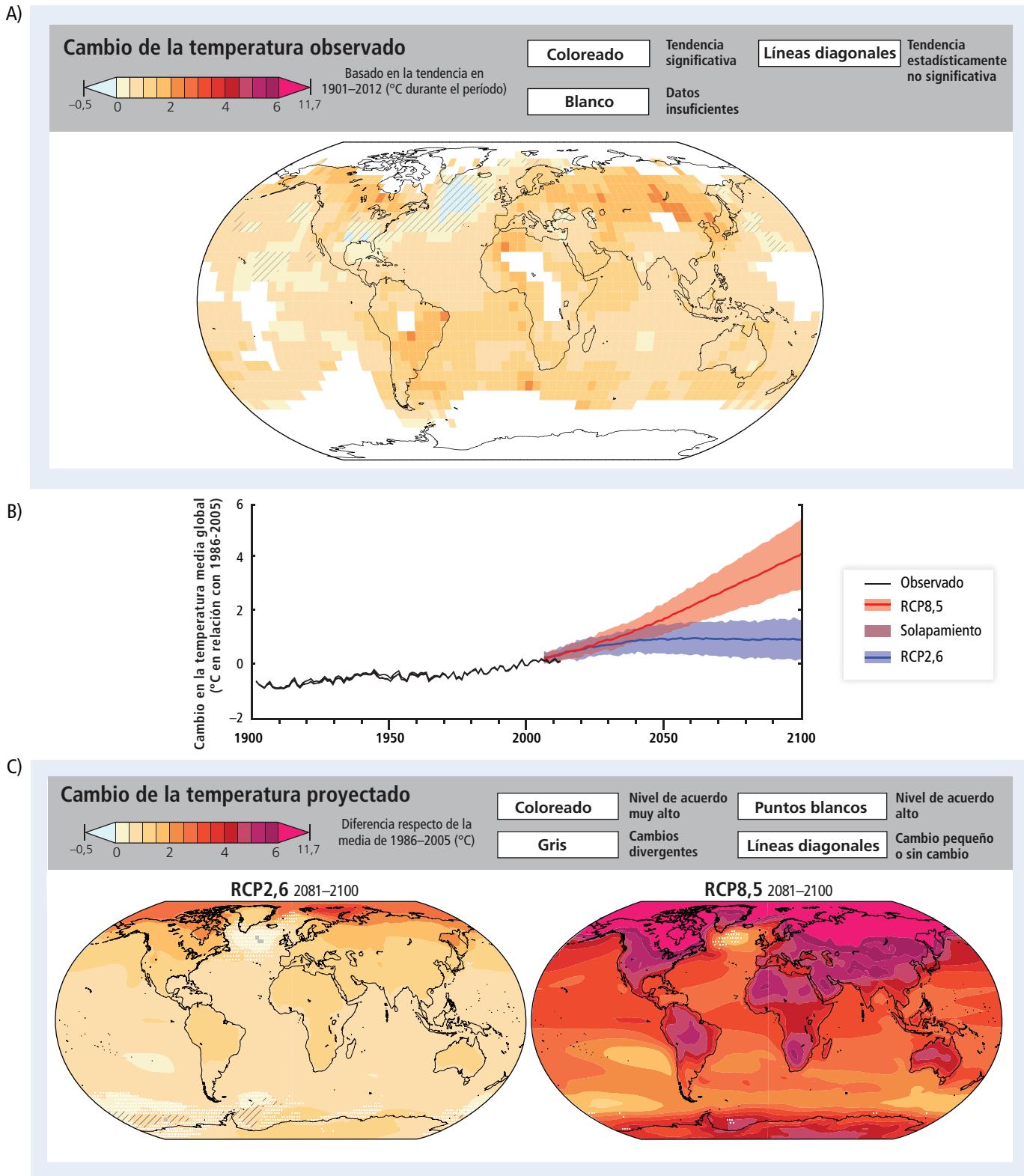
<sup>27</sup> 2.1-4, 3.6, 14.1-3, 15.2-4, 16.2-4, 17.1-3, 17.5, 20.6, 22.4, 25.4, figura 1-5

<sup>28</sup> GTI IE5 11.3

<sup>29</sup> GTI IE5 12.4 y cuadro RRP.2

<sup>30</sup> 2.5, 21.2-3, 21.5, recuadro CC-CR

<sup>31</sup> 1.1, 1.3, 2.2-3, 19.6, 20.2, 21.3, 21.5, 26.2, recuadro CC-CR; GTI IE5 recuadro RRP.1



**Figura RRP.4 |** Cambios observados y proyectados en la temperatura media anual en superficie. Esta figura muestra la comprensión de los riesgos conexos al clima en GTII IE5. Señala el cambio de la temperatura observado hasta la fecha y el calentamiento proyectado con emisiones altas continuadas y con una mitigación ambiciosa.



#### Figura RRP.4 Detalles técnicos

A) Mapa del cambio observado en la temperatura media anual de 1901-2012, derivado de una tendencia lineal en la que la suficiencia de datos permite obtener una estimación sólida; las demás áreas se muestran en blanco. Las áreas coloreadas indican tendencias significativas al nivel del 10%. Las líneas diagonales indican áreas donde las tendencias no son significativas. Los datos observados (rango de los valores en los puntos de la retícula: -0,53 a 2,50 °C durante el período) provienen de las figuras RRP.1 y 2.21 de GTI IE5. B) Temperatura media anual global observada y futura proyectada en relación con 1986-2005. El calentamiento observado desde el período 1850-1900 al período 1986-2005 es de 0,61 °C (intervalo de confianza del 5%-95%: 0,55 a 0,67 °C). Las líneas en negro muestran las estimaciones de temperatura de tres conjuntos de datos. Las líneas azul y roja y el sombreado indican la media y el rango de  $\pm 1,64$  desviaciones típicas del conjunto, sobre la base de las simulaciones de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) a partir de 32 modelos para el escenario RCP2,6 y de 39 modelos para RCP8,5. C) Proyecciones de la media multimodelos de la CMIP5 de los cambios en la temperatura media anual para 2081-2100 con arreglo a los escenarios RCP2,6 y RCP8,5, en relación con 1986-2005. Las áreas coloreadas indican un nivel de acuerdo muy alto, siendo el cambio en la media multimodelos mayor del doble de la variabilidad de referencia (variabilidad interna natural en medias de 20 años) y  $\geq 90\%$  de los modelos concuerdan en el signo de cambio. Los colores con puntos blancos indican áreas con un alto nivel de acuerdo, mientras que  $\geq 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia y  $\geq 66\%$  de los modelos concuerdan en el signo de cambio. El color gris indica áreas con cambios divergentes, donde  $\geq 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia, pero  $<66\%$  concuerdan en el signo de cambio. Las áreas coloreadas con líneas diagonales indican áreas que experimentan pocos o ningún cambio, donde  $<66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia, aunque puede que se dé un cambio significativo a escalas temporales más cortas como estaciones, meses o días. Para el análisis se han empleado los datos de los modelos (rango de los valores en los puntos de la retícula en RCP2,6 y RCP8,5: 0,06 a 11,71 °C) de la figura RRP.8 de GTI IE5; en el recuadro CC-CR se ofrece una descripción completa de los métodos utilizados. Véase también el anexo I de GTI IE5. [recuadros 21-2 y CC-CR; GTI IE5 2.4 figuras RRP.1, RRP.7, y 2.21]

**Las incertidumbres sobre las futuras vulnerabilidad, exposición y respuestas de los sistemas humanos y naturales interconectados son grandes (*nivel de confianza alto*). Debido a ello, para las evaluaciones de los riesgos se precisa el estudio de una gran variedad de futuros socioeconómicos.** Resulta complicada la comprensión de las futuras vulnerabilidad, exposición y capacidad de respuesta de los sistemas humanos y naturales interconectados debido al número de factores sociales, económicos y culturales que interactúan entre sí y que hasta ahora se han considerado sin exhaustividad. Entre esos factores cabe destacar la riqueza y su distribución en la sociedad, la demografía, la migración, el acceso a la tecnología y la información, los modelos de empleo, la calidad de las respuestas adaptativas, los valores sociales, las estructuras de gobernanza y las instituciones para la resolución de conflictos. Las dimensiones internacionales como el comercio y las relaciones entre los Estados también son importantes para comprender los riesgos del cambio climático a escalas regionales.<sup>32</sup>

## B: FUTUROS RIESGOS Y OPORTUNIDADES EN RELACIÓN CON LA ADAPTACIÓN

En esta sección se presentan los futuros riesgos y los beneficios potenciales más limitados en los sectores y las regiones, a lo largo de los próximos decenios y en la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente. Se examina cómo estos resultan afectados por la magnitud y el ritmo del cambio climático y por las decisiones socioeconómicas. Asimismo se evalúan las posibilidades de reducción de los impactos y de gestión de los riesgos mediante la adaptación y mitigación.

### B-1. Riesgos clave en los sectores y las regiones

Los riesgos clave son impactos potencialmente severos en relación con el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que se refiere a las “interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”. Los riesgos se consideran clave por una peligrosidad alta o por una vulnerabilidad alta de las sociedades y los sistemas expuestos, o por ambos. La identificación de los riesgos clave se ha basado en el juicio experto utilizando los siguientes criterios específicos: gran magnitud, alta probabilidad o irreversibilidad de los impactos; momento de los impactos; vulnerabilidad persistente o exposición que contribuyen a los riesgos, o posibilidades limitadas para reducir los riesgos mediante la adaptación o la mitigación. Los riesgos clave se enmarcan en cinco motivos de preocupación (MDP) complementarios y generales en el recuadro de evaluación RRP.1.

<sup>32</sup> 11.3, 12.6, 21.3-5, 25.3-4, 25.11, 26.2

## Recuadro de evaluación RRP.1 | Interferencia humana en el sistema climático

La influencia humana en el sistema climático es clara.<sup>33</sup> Sin embargo, determinar si esa influencia constituye una “interferencia antropógena peligrosa” en los términos del artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) implica tanto la evaluación del riesgo como juicios de valor. En este informe se evalúan los riesgos en los distintos contextos y a lo largo del tiempo, con lo que se ofrece una base para tener elementos de juicio sobre el nivel del cambio climático en el que los riesgos se tornan peligrosos.

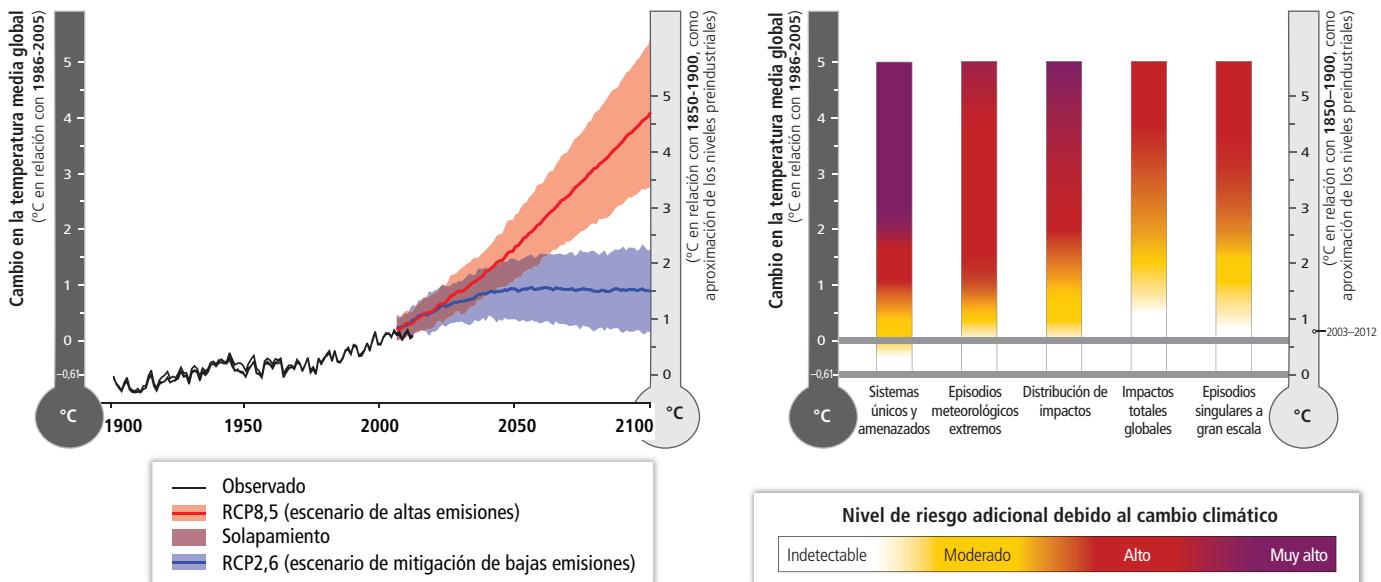
**Cinco motivos de preocupación integradores proporcionan un marco para resumir los riesgos clave en los diversos sectores y regiones.** Señalados por primera vez en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, los motivos de preocupación (MDP) muestran las consecuencias del calentamiento y los límites de adaptación para las personas, las economías y los ecosistemas. Suponen un punto de partida para la evaluación de la interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático. Los riesgos conexos a cada motivo de preocupación, actualizados con arreglo a la evaluación de la literatura y los juicios expertos, se presentan a continuación en la figura 1 del recuadro de evaluación RRP.1. Todas las temperaturas a continuación se dan como cambio de la temperatura media global en relación con el período 1986-2005 (“reciente”).<sup>34</sup>

- 1) **Sistemas únicos y amenazados:** algunos sistemas únicos y amenazados, incluidos los ecosistemas y las culturas, ya están en situación de riesgo a causa del cambio climático (*nivel de confianza alto*). El número de tales sistemas en situación de riesgo de graves consecuencias es mayor en caso de que se produzca un calentamiento adicional de alrededor de 1 °C. Muchas especies y sistemas con capacidad adaptativa limitada están sujetos a riesgos muy altos en caso de que se produzca un calentamiento adicional de 2 °C, especialmente el hielo marino del Ártico y los sistemas de arrecifes de coral.
- 2) **Episodios meteorológicos extremos:** Los riesgos conexos al cambio climático derivados de episodios extremos, como olas de calor, precipitación extrema e inundaciones costeras, ya son entre moderados (*nivel de confianza alto*) y altos en caso de producirse un calentamiento adicional de 1 °C (*nivel de confianza medio*). Los riesgos asociados a algunos tipos de episodios extremos (por ejemplo, calor extremo) se intensifican con mayores temperaturas (*nivel de confianza alto*).
- 3) **Distribución de los impactos:** Los riesgos se distribuyen de forma dispar y son generalmente mayores para las personas y comunidades desfavorecidas de los países sea cual sea el nivel de desarrollo de estos. Los riesgos ya son moderados debido a los diferentes impactos del cambio climático en las distintas regiones sobre la producción agrícola en particular (*nivel de confianza medio a alto*). Sobre la base de las disminuciones proyectadas en los rendimientos de los cultivos y la disponibilidad de agua en las regiones, los riesgos de impactos distribuidos desigualmente son altos para un calentamiento adicional por encima de 2 °C (*nivel de confianza medio*).
- 4) **Impactos totales a nivel global:** Los riesgos de impactos totales a nivel global son moderados para un calentamiento adicional entre 1 y 2 °C, lo que refleja tanto los impactos en la biodiversidad de la Tierra como en la economía general global (*nivel de confianza medio*). El riesgo de pérdida amplia de biodiversidad con destrucción conexa de bienes y servicios ecosistémicos es alto en caso de un calentamiento adicional de alrededor de 3 °C (*nivel de confianza alto*). Los daños económicos totales se aceleran con el aumento de la temperatura (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*), pero son pocas las estimaciones cuantitativas completadas para un calentamiento adicional de alrededor de 3 °C o superior.
- 5) **Episodios singulares a gran escala:** Con un aumento del calentamiento, algunos sistemas físicos o ecosistemas pueden pasar a una situación de riesgo de cambios abruptos e irreversibles. Los riesgos asociados a esos puntos críticos pasan a ser moderados con un calentamiento adicional entre 0 y 1 °C, según indican las tempranas señales de alerta de que tanto los arrecifes de coral de aguas cálidas como los ecosistemas árticos ya están experimentando cambios irreversibles en sus regímenes (*nivel de confianza medio*). Los riesgos aumentan desproporcionadamente conforme se eleva el calentamiento entre 1 y 2 °C y supera los 3 °C, debido al potencial de gran e irreversible elevación del nivel del mar por la pérdida de los mantes de hielo. Para un calentamiento sostenido por encima de un determinado umbral,<sup>35</sup> la pérdida casi completa del manto de hielo de Groenlandia se produciría tras un milenio o más y contribuiría a una elevación del nivel medio global del mar de hasta 7 m.

<sup>33</sup> GTI IE5 RRP, 2.2, 6.3, 10.3-6, 10.9

<sup>34</sup> 18.6, 19.6; el calentamiento observado de 1850-1900 a 1986-2005 es de 0,61 °C (intervalo de confianza del 5%-95%: 0,55 a 0,67 °C). [GTI IE5 2.4]

<sup>35</sup> Las estimaciones actuales indican que este umbral es mayor que alrededor de 1 °C (*nivel de confianza bajo*) pero menor de unos 4 °C (*nivel de confianza medio*) de calentamiento medio global sostenido por encima de niveles preindustriales. [GTI IE5 RRP, 5.8, 13.4-5]



**Recuadro de evaluación RRP.1 figura 1 | Perspectiva global sobre los riesgos conexos al clima.** Los riesgos asociados a los motivos de preocupación (MDP) se muestran a la derecha para niveles crecientes de cambio climático. El sombreado coloreado indica los riesgos adicionales debidos al cambio climático cuando se alcanza un nivel de temperatura y a continuación se sostiene o se supera. El riesgo indetectable (en blanco) indica que no se detecta ni se atribuye al cambio climático ningún impacto asociado. Un riesgo moderado (en amarillo) indica que los impactos asociados son detectables y atribuibles al cambio climático con al menos un *nivel de confianza medio*, teniendo en cuenta también los demás criterios específicos para los riesgos claves. Un riesgo alto (en rojo) indica impactos graves y extendidos, teniendo en cuenta también los demás criterios específicos para los riesgos clave. El color púrpura, introducido en esta evaluación, muestra que se señala un riesgo muy alto para los riesgos clave teniendo en cuenta todos los criterios específicos. [figura 19-4] A la izquierda se muestra, como referencia, la temperatura media anual en superficie en el pasado y proyectada, de igual forma que en la figura RRP.4. [figura CR-1, recuadro CC-CR; GTI IE5 figuras RRP.1 y RRP.7] Sobre la base del conjunto de datos de la temperatura global en superficie más prolongado del que se dispone, el cambio observado entre el promedio del período 1850-1900 y el del período de referencia del Quinto Informe de Evaluación (1986-2005) es de  $0,61^{\circ}\text{C}$  (intervalo de confianza de 5%-95%:  $0,55$  a  $0,67^{\circ}\text{C}$ ) [GTI IE5 RRP.2.4], que aquí se utiliza como aproximación del cambio en la temperatura media global en superficie desde niveles preindustriales, referido como el período anterior a 1750. [GTI y GTII IE5, glosarios]

**Los riesgos clave que siguen, catalogados con un *nivel de confianza alto*, abarcan todos los sectores y regiones. Cada uno de esos riesgos clave contribuye a uno o varios de los motivos de preocupación (MDP).**<sup>36</sup>

- Riesgo de muerte, lesión, mala salud o desorganización de los medios de subsistencia en zonas costeras bajas y pequeños Estados insulares en desarrollo y otras islas pequeñas, debido a mareas meteorológicas, inundaciones costeras y elevación del nivel del mar.<sup>37</sup> [MDP 1-5]
- Riesgo de mala salud grave y desorganización de los medios de subsistencia para grandes poblaciones urbanas debido a inundaciones continentales en algunas regiones.<sup>38</sup> [MDP 2 y 3]
- Riesgos sistémicos debido a episodios meteorológicos extremos que provocan el colapso de redes de infraestructuras y servicios esenciales como la electricidad, el suministro de agua y servicios de salud y de emergencia.<sup>39</sup> [MDP 2-4]
- Riesgo de mayor mortalidad y morbilidad durante períodos de calor extremo, particularmente para poblaciones urbanas vulnerables y personas que trabajan en el exterior en zonas urbanas y rurales.<sup>40</sup> [MDP 2 y 3]
- Riesgo de seguridad alimentaria y fallo de los sistemas alimentarios relacionados con la variabilidad y los extremos del calentamiento, la sequía, la inundación y la precipitación, en particular para las poblaciones pobres de los entornos urbanos y rurales.<sup>41</sup> [MDP 2-4]
- Riesgo de pérdida de medios de subsistencia e ingresos en las zonas rurales debido a insuficiente acceso al agua potable y agua para el riego y a una reducida productividad agrícola, en particular para los agricultores y ganaderos con poco capital en las regiones semiáridas.<sup>42</sup> [MDP 2 y 3]
- Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad marinos y costeros, y los bienes, funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan para obtener medios de subsistencia en la costa, especialmente para las comunidades pesqueras en los trópicos y en el Ártico.<sup>43</sup> [MDP 1, 2 y 4]
- Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad acuáticos terrestres y continentales, y los bienes, funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan para los medios de subsistencia.<sup>44</sup> [MDP 1, 3 y 4]

<sup>36</sup> 19.2-4, 19.6, cuadro 19-4, recuadros 19-2 y CC-RC

<sup>37</sup> 5.4, 8.2, 13.2, 19.2-4, 19.6-7, 24.4-5, 26.7-8, 29.3, 30.3, cuadros 19-4 y 26-1, figura 26-2, recuadros 25-1, 25-7 y CC-RC

<sup>38</sup> 3.4-5, 8.2, 13.2, 19.6, 25.10, 26.3, 26.8, 27.3, cuadros 19-4 y 26-1, recuadros 25-8 y CC-RC

<sup>39</sup> 5.4, 8.1-2, 9.3, 10.2-3, 12.6, 19.6, 23.9, 25.10, 26.7-8, 28.3, cuadro 19-4, recuadros CC-RC y CC-EC

<sup>40</sup> 8.1-2, 11.3-4, 11.6, 13.2, 19.3, 19.6, 23.5, 24.4, 25.8, 26.6, 26.8, cuadros 19-4 y 26-1, recuadros CC-RC y CC-EC

<sup>41</sup> 3.5, 7.4-5, 8.2-3, 9.3, 11.3, 11.6, 13.2, 19.3-4, 19.6, 22.3, 24.4, 25.5, 25.7, 26.5, 26.8, 27.3, 28.2, 28.4, cuadro 19-4, recuadro CC-RC

<sup>42</sup> 3.4-5, 9.3, 12.2, 13.2, 19.3, 19.6, 24.4, 25.7, 26.8, cuadro 19-4, recuadros 25-5 y CC-RC

<sup>43</sup> 5.4, 6.3, 7.4, 9.3, 19.5-6, 22.3, 25.6, 27.3, 28.2-3, 29.3, 30.5-7, cuadro 19-4, recuadros CC-AO, CC-AC, CC-RC y CC-EC

<sup>44</sup> 4.3, 9.3, 19.3-6, 22.3, 25.6, 27.3, 28.2-3, cuadro 19-4, recuadros CC-RC y CC-AC

Muchos riesgos clave constituyen retos particulares para los países menos adelantados y las comunidades vulnerables, dada la limitada capacidad de que disponen para afrontarlos.

#### **Las crecientes magnitudes del calentamiento hacen que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles.**

Algunos riesgos del cambio climático son considerables con 1 o 2 °C por encima de los niveles preindustriales (tal como se muestra en el recuadro de evaluación RRP.1). Existe un riesgo de cambio climático global entre alto y muy alto con un aumento de la temperatura media global de 4 °C o más por encima de los niveles preindustriales en todos los motivos de preocupación (recuadro de evaluación RRP.1), cambio que conlleva impactos graves y generalizados en sistemas únicos y amenazados, importantes extinciones de especies, grandes riesgos para la seguridad alimentaria global y regional, y una combinación de alta temperatura y humedad que pone en riesgo las actividades humanas normales, entre ellas actividades de producción de alimentos o el trabajo en el exterior en algunas zonas durante ciertos períodos del año (*nivel de confianza alto*). Los niveles precisos de cambio climático suficientes para activar puntos críticos (umbral de cambio abrupto e irreversible) siguen siendo inciertos, pero el riesgo asociado a traspasar varios puntos críticos en el sistema Tierra o en los sistemas humanos y naturales interconectados aumenta a mayor temperatura (*nivel de confianza medio*).<sup>45</sup>

**Los riesgos generales de impactos por el cambio climático se pueden reducir si se limita el ritmo y la magnitud del cambio climático.** Los riesgos se reducen sustancialmente en el escenario evaluado con las proyecciones de menor temperatura (RCP2,6 – emisiones bajas) en comparación con las proyecciones de mayor temperatura (RCP8,5 – emisiones altas), sobre todo en la segunda mitad del siglo XXI (*nivel de confianza muy alto*). La reducción del cambio climático también puede conllevar una reducción en la escala de la adaptación que podría necesitarse. En todos los escenarios evaluados para la adaptación y mitigación, sigue existiendo un cierto riesgo de impactos adversos (*nivel de confianza muy alto*).<sup>46</sup>

## B-2. Riesgos sectoriales y potencial de adaptación

Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que aumenten los riesgos conexos al clima existentes y se generen nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos. Algunos de esos riesgos se limitarán a un sector o región particular, y otros tendrán efectos en cascada. En menor medida, el cambio climático proyectado también indica algunos beneficios potenciales.

### Recursos de agua dulce

**Los riesgos del cambio climático relacionados con el agua dulce aumentan significativamente cuanto mayores son las concentraciones de los gases de efecto invernadero (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** La parte de población global que sufre escasez de agua y la parte que padece las grandes inundaciones fluviales crece cuanto mayor es el nivel de calentamiento en el siglo XXI.<sup>47</sup>

**Las proyecciones sobre el cambio climático durante el siglo XXI indican que se reducirán los recursos renovables de aguas superficiales y aguas subterráneas de forma sustancial en la mayoría de las regiones secas subtropicales (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto), con lo que se intensificará la competencia por el agua entre los sectores (evidencia limitada, nivel de acuerdo medio).** En las regiones secas actuales, es probable que la frecuencia de las sequías aumente al final del siglo XXI con arreglo al escenario RCP8,5 (*nivel de confianza medio*). Por el contrario, las proyecciones indican que los recursos hídricos aumentarán en las latitudes altas (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la calidad del agua bruta y generará riesgos para la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional, debido a los factores que interactúan: aumento de la temperatura; aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; mayor concentración de contaminantes durante las sequías; e interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas (evidencia media, nivel de acuerdo alto). Las técnicas de gestión adaptativa de los recursos hídricos, entre ellas la planificación de escenarios, los enfoques basados en el aprendizaje y las soluciones flexibles y de bajo riesgo, pueden ayudar a crear resiliencia para los cambios e impactos hidrológicos inciertos causados por el cambio climático (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto).<sup>48</sup>

### Ecosistemas terrestres y de agua dulce

**Una gran parte de las especies terrestres y dulceacuícolas afrontan un riesgo creciente de extinción con el cambio climático proyectado durante el siglo XXI y posteriormente, especialmente porque el cambio climático interactúa con otros factores de estrés, como la modificación de los hábitats, la sobreexplotación, la contaminación y las especies invasoras (nivel de confianza alto).** El riesgo de extinción aumenta en todos los escenarios RCP, incrementándose este conforme aumentan la magnitud y la tasa del cambio climático. Muchas especies serán

<sup>45</sup> 4.2-3, 11.8, 19.5, 19.7, 26.5, recuadro CC-EC.

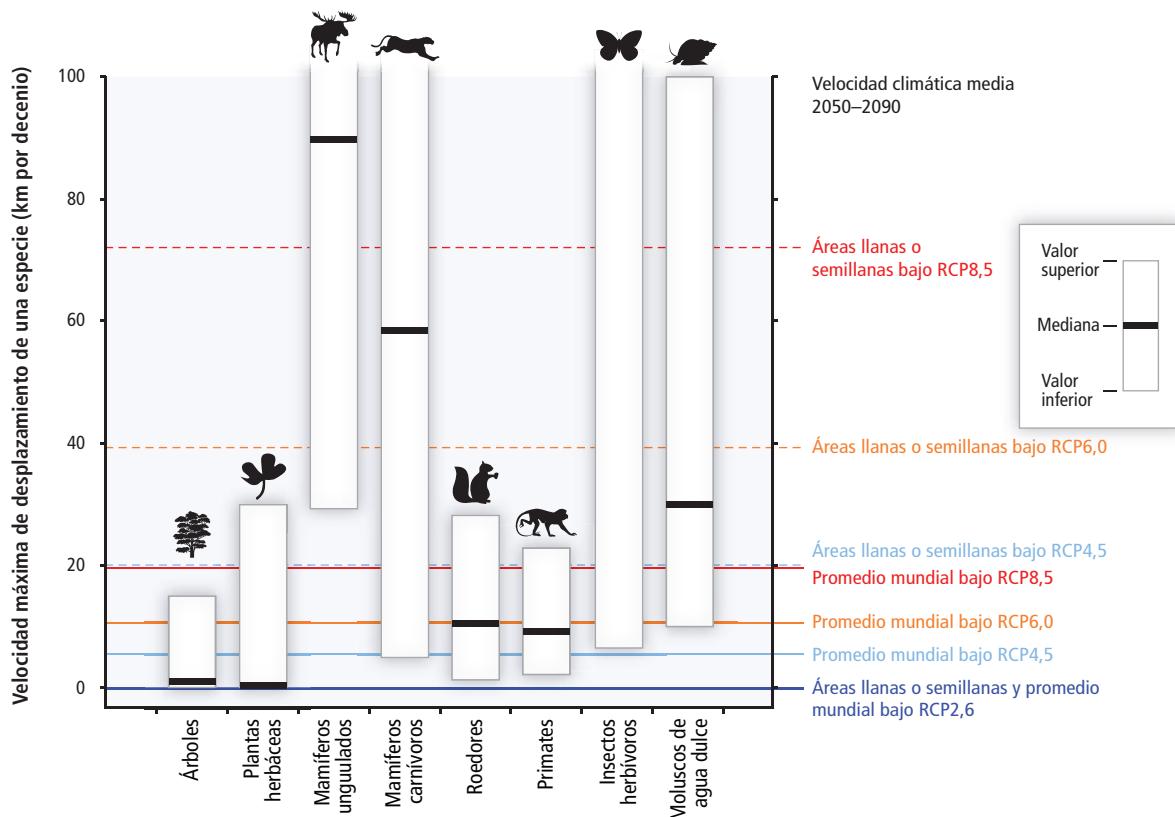
<sup>46</sup> 3.4-5, 16.6, 17.2, 19.7, 20.3, 25.10, cuadros 3-2, 8-3 y 8-6, recuadros 16-3 y 25-1

<sup>47</sup> 3.4-5, 26.3, cuadro 3-2, recuadro 25-8

<sup>48</sup> 3.2, 3.4-6, 22.3, 23.9, 25.5, 26.3, cuadro 3-2, cuadro 23-3, recuadros 25-2, CC-CF y CC-AE; GTI IE5 12.4

incapaces de encontrar climas adecuados con tasas de cambio climático medias o altas (esto es, bajo los escenarios RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5) durante el siglo XXI (*nivel de confianza medio*). Con tasas de cambio menores (esto es, bajo el escenario RCP2,6) los problemas disminuirán. Véase la figura RRP.5. Habrá especies que se adapten a los nuevos climas. Las que no sean capaces de adaptarse lo suficientemente rápido disminuirán sus efectivos o se extinguirán en algunas o todas sus áreas de distribución. Las medidas de gestión, como el mantenimiento de la diversidad genética, la migración y dispersión asistida de especies, la manipulación de los regímenes de perturbación (por ejemplo, incendios e inundaciones) y la reducción de otros factores de estrés, podrán hacer que disminuyan, pero no que se eliminen, los riesgos de impactos en los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales provocados por el cambio climático, así como hacer que aumente la capacidad inherente de los ecosistemas y sus especies de adaptarse a un clima cambiante (*nivel de confianza alto*).<sup>49</sup>

**En este siglo, las magnitudes y tasas del cambio climático asociadas a escenarios de emisiones entre medias y altas (RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5) supondrán un alto riesgo de cambio abrupto e irreversible a escala regional en la composición, estructura y función de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales, incluidos los humedales (*nivel de confianza medio*).** Entre los ejemplos de posible impacto sustancial en el clima cabe mencionar el sistema ártico boreal-tundra (*nivel de confianza medio*) y el bosque amazónico (*nivel de confianza bajo*). El carbono almacenado en la biosfera terrestre (por ejemplo, en las turberas, el permafrost y los bosques) puede incorporarse a la atmósfera como resultado del cambio climático, la deforestación y la degradación de los ecosistemas (*nivel de confianza alto*). Las proyecciones indican que durante el siglo XXI en muchas regiones aumentará la mortalidad arbórea y el decaimiento forestal debido al aumento de las temperaturas y la sequía (*nivel de confianza medio*). El decaimiento forestal plantea riesgos para el almacenamiento de carbono, la biodiversidad, la producción de madera, la calidad del agua, el valor estético y la actividad económica.<sup>50</sup>



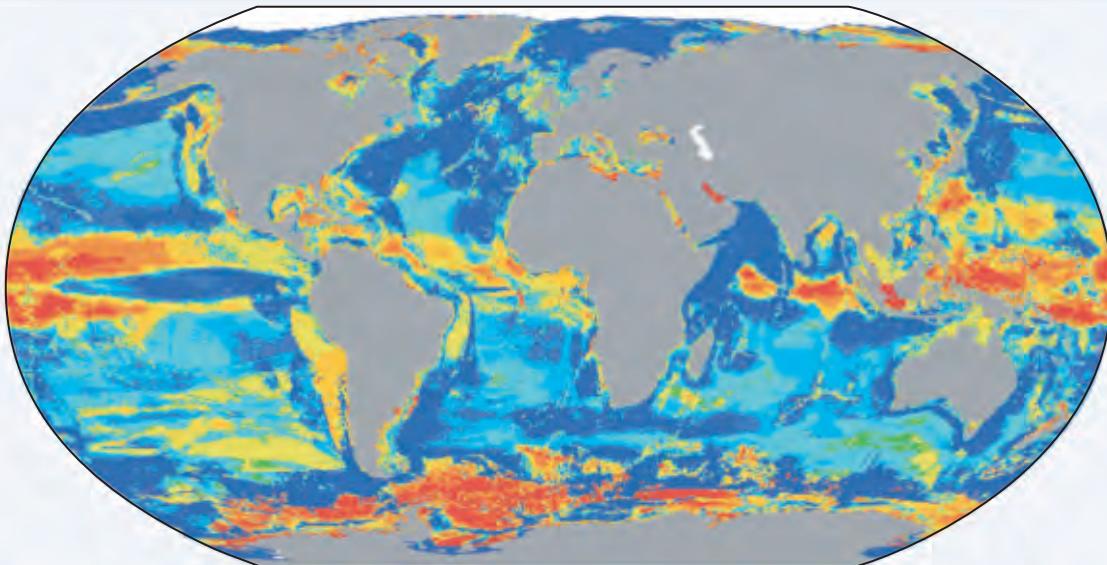
**Figura RRP.5 |** Velocidades máximas a las que se pueden desplazar las especies (basado en las observaciones y los modelos; eje vertical de la izquierda), en comparación con las velocidades a las que se proyecta que las temperaturas avancen a través de los paisajes (velocidades climáticas para la temperatura; eje vertical de la derecha). Las intervenciones humanas, como el transporte o la fragmentación de hábitats, pueden redundar en mayores o menores velocidades de desplazamiento. Las columnas blancas con listones negros indican rangos y medianas de velocidades de desplazamiento máximas para los árboles, plantas, mamíferos, insectos herbívoros (mediana no estimada) y moluscos de agua dulce. Respecto de los escenarios RCP2,6, RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5 para 2050-2090, las líneas horizontales muestran la velocidad climática para el promedio de las áreas terrestres globales y para las grandes regiones llanas o semillanas. Se prevé que las especies cuya velocidad de desplazamiento máxima esté por debajo de las distintas líneas no serán capaces de seguir el ritmo del calentamiento sin intervención humana. [figura 4-5]

<sup>49</sup> 4.3-4, 25.6, 26.4, recuadro CC-CF

<sup>50</sup> 4.2-3, figura 4-8, recuadros 4-2, 4-3 y 4-4

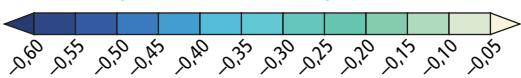
A)

Cambio en el potencial máximo de capturas (2051-2060 en comparación con 2001-2010, A1B del IE-EE)

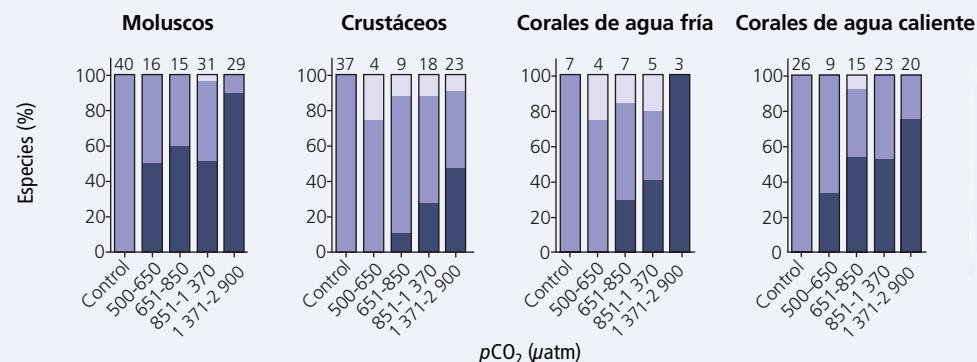
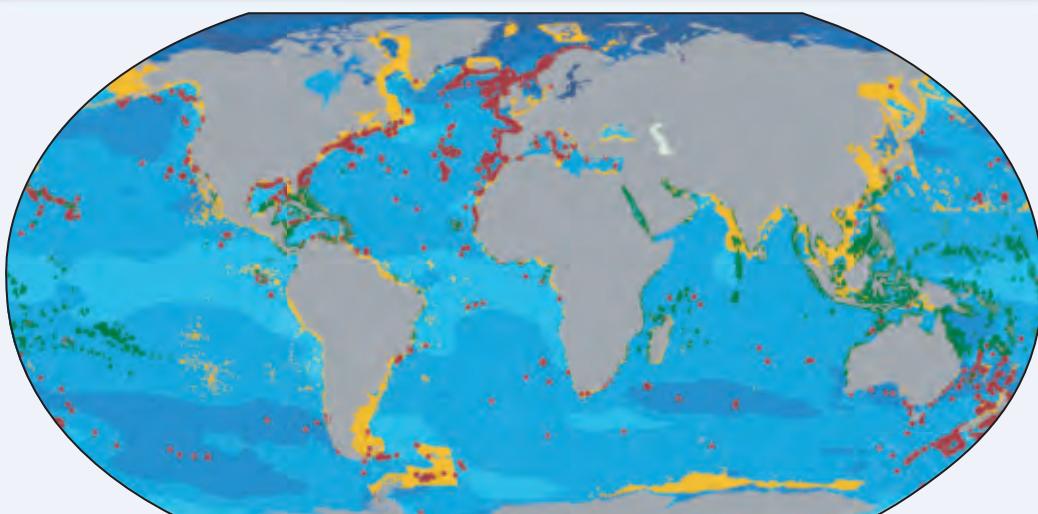


B)

Cambio en el pH (2081-2100 en comparación con 1986-2005, RCP8,5)

Pesca de moluscos y crustáceos  
(tasa actual de capturas anuales  $\geq 0,005$  toneladas  $\text{km}^{-2}$ )

Corales de agua fría Corales de agua caliente





**Figura RRP.6** | Riesgos del cambio climático para la pesca. A) Redistribución global proyectada del potencial de capturas máximas de ~1 000 especies de peces e invertebrados explotadas. Las proyecciones comparan el promedio de 10 años de 2001-2010 con el de 2051-2060 utilizando el escenario A1B del IE-EE, sin analizar los impactos posibles de la sobreexplotación pesquera o la acidificación del océano. B) Pesca de moluscos y crustáceos marinos (tasas de capturas anuales actuales estimadas  $\geq 0,005$  toneladas  $\text{km}^{-2}$ ) y ubicaciones conocidas de corales de aguas frías y cálidas, representadas en un mapa mundial que muestra la distribución proyectada de la acidificación de los océanos bajo el escenario RCP8,5 (cambio del pH de 1986-2005 a 2081-2100). [GTI IE5 figura RRP.8] El gráfico inferior compara la sensibilidad a la acidificación del océano en los moluscos, crustáceos y corales, filos animales vulnerables con interés socioeconómico (por ejemplo, para la protección costera y la pesca). El número de especies analizadas en los estudios se da para cada categoría de  $\text{CO}_2$  elevado. Para 2100, los escenarios RCP en cada categoría de presión parcial de  $\text{CO}_2$  ( $p\text{CO}_2$ ) son los siguientes: RCP4,5 para 500-650  $\mu\text{atm}$  (equivalente aproximadamente a ppm en la atmósfera), RCP6,0 para 651-850  $\mu\text{atm}$  y RCP8,5 para 851-1 370  $\mu\text{atm}$ . Para 2150, RCP8,5 se enmarca en la categoría de 1 371-2 900  $\mu\text{atm}$ . La categoría de control corresponde a 380  $\mu\text{atm}$ . [6.1, 6.3, 30.5, figuras 6-10 y 6-14; GTI IE5 recuadro RRP.1]

RRP

## Sistemas costeros y zonas bajas

**Habida cuenta de la elevación del nivel del mar proyectado a lo largo del siglo XXI y posteriormente, los sistemas costeros y las zonas bajas experimentarán cada vez más impactos adversos como inmersión, inundación costera y erosión costera (nivel de confianza muy alto).** En los próximos decenios aumentarán considerablemente la población y los activos que, según las proyecciones, quedarán expuestos a los riesgos costeros, así como las presiones humanas sobre los ecosistemas costeros, debido al crecimiento demográfico, el desarrollo económico y la urbanización (nivel de confianza alto). Los costos relativos de la adaptación costera durante el siglo XXI variarán enormemente entre las regiones y los países y dentro de ellos. Se prevé que algunos países en desarrollo situados a baja altitud tendrán que afrontar impactos muy fuertes, impactos que, en algunos casos, podrían acarrear costos por concepto de daños y adaptación de varios puntos porcentuales de su PIB.<sup>51</sup>

## Sistemas marinos

**En razón del cambio climático proyectado para mediados del siglo XXI y posteriormente, la redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en las regiones sensibles dificultará el mantenimiento sostenido de la productividad pesquera y otros servicios ecosistémicos (nivel de confianza alto).** Los desplazamientos espaciales de las especies marinas debido al calentamiento proyectado provocarán invasiones en altas latitudes y tasas altas de extinción local en los trópicos y los mares semicerrados (nivel de confianza medio). Las proyecciones indican que la abundancia de especies y el potencial de capturas de peces aumentarán, en promedio, en las latitudes medias y altas (nivel de confianza alto) y disminuirán en las latitudes tropicales (nivel de confianza medio). Véase la figura RRP.6A. También indican que la ampliación progresiva de zonas con niveles mínimos de oxígeno y "zonas muertas" anóxicas limitará aún más el hábitat de los peces. Las proyecciones apuntan a que la producción primaria neta en alta mar se redistribuirá y, para 2100, disminuirá globalmente en todos los escenarios RCP. El cambio climático se suma a las amenazas de la sobreexplotación pesquera y otros factores de estrés no climáticos, complicando así los regímenes de gestión marina (nivel de confianza alto).<sup>52</sup>

**En relación con los escenarios de emisiones entre medias y altas (RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5), la acidificación de los océanos plantea riesgos sustanciales para los ecosistemas marinos, especialmente los ecosistemas polares y los arrecifes de coral, asociados con impactos en la fisiología, el comportamiento y la dinámica de las poblaciones de las distintas especies desde el fitoplancton a los animales superiores (nivel de confianza medio a alto).** Los moluscos, equinodermos y corales que forman arrecifes, por ser organismos muy calcificados, son más sensibles que los crustáceos (nivel de confianza alto) y los peces (nivel de confianza bajo) a la acidificación, la cual puede tener consecuencias perjudiciales para la pesca y los medios de subsistencia. Véase la figura RRP.6B. La acidificación de los océanos actúa junto con otros cambios globales (por ejemplo, el calentamiento o niveles decrecientes de oxígeno) y con cambios locales (por ejemplo, contaminación o eutrofización) (nivel de confianza alto). Hay motores que actúan simultáneamente, como el calentamiento y la acidificación de los océanos, que pueden dar lugar a impactos interactivos, complejos y amplificados para las especies y los ecosistemas.<sup>53</sup>

## Seguridad alimentaria y sistemas de producción de alimentos

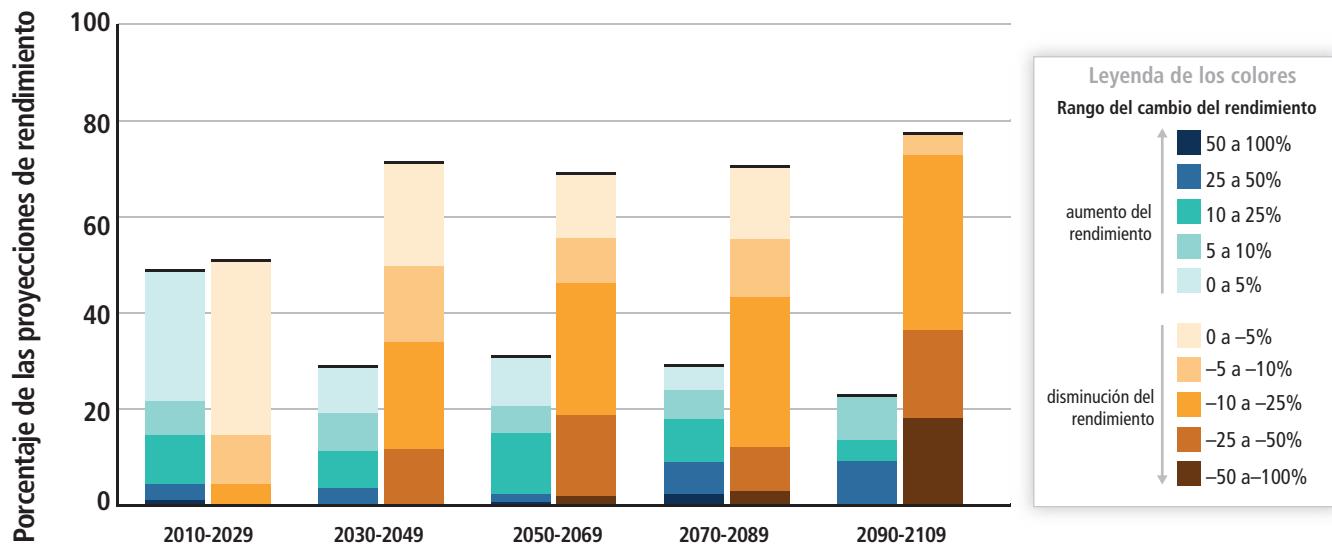
**En relación con los principales cultivos (trigo, arroz y maíz) en las regiones tropicales y templadas, las proyecciones señalan que el cambio climático sin adaptación tendrá un impacto negativo en la producción con aumentos de la temperatura local de 2 °C o más por encima de los niveles de finales del siglo XX, aunque puede haber localidades individuales que resulten beneficiadas de este aumento (nivel de confianza medio).** Los impactos proyectados varían para los distintos cultivos y regiones y los diferentes escenarios de adaptación; alrededor de un 10% de las proyecciones para el período 2030-2049 muestran ganancias de rendimientos superiores al 10%, y alrededor de un 10% de las proyecciones muestran pérdidas superiores al 25%, en comparación con finales del siglo XX. Después de 2050 el riesgo de impactos en el rendimiento más graves aumenta y depende del nivel de calentamiento. Véase la figura RRP.7. Las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumente progresivamente la variabilidad interanual de los rendimientos de los cultivos en muchas regiones. Esos impactos proyectados ocurrirán en un contexto de rápido crecimiento de la demanda de cultivos.<sup>54</sup>

<sup>51</sup> 5.3-5, 8.2, 22.3, 24.4, 25.6, 26.3, 26.8, cuadro 26-1, recuadro 25-1

<sup>52</sup> 6.3-5, 7.4, 25.6, 28.3, 30.6-7, recuadros CC-BM y CC-PP

<sup>53</sup> 5.4, 6.3-5, 22.3, 25.6, 28.3, 30.5, recuadros CC-AC, CC-AO y RT.7

<sup>54</sup> 7.4-5, 22.3, 24.4, 25.7, 26.5, cuadro 7-2, figuras 7-4, 7-5, 7-6, 7-7 y 7-8



**Figura RRP.7 |** Resumen de los cambios proyectados en los rendimientos de los cultivos, debido al cambio climático a lo largo del siglo XXI. La figura incluye proyecciones para diferentes escenarios de emisiones, para regiones tropicales y templadas y para casos de adaptación e inadaptación combinados. Hay relativamente pocos estudios que consideren los impactos en los sistemas de cultivo para escenarios que contemplen un aumento de la temperatura media global de 4 °C o más. En relación con cinco períodos a corto y largo plazo, los datos ( $n=1\,090$ ) se indican en el período de 20 años en el eje horizontal que incluye el punto medio de cada período futuro de las proyecciones. Los cambios en el rendimiento de los cultivos son relativos a los niveles del final del siglo XX. Los datos para cada período totalizan el 100%. [figura 7-5]

Todos los aspectos de la seguridad alimentaria están potencialmente afectados por el cambio climático, incluido el acceso a los alimentos, el uso de estos y la estabilidad de sus precios (*nivel de confianza alto*). La redistribución del potencial de las capturas pesqueras marinas hacia latitudes más altas supone un riesgo de disminución del suministro, los ingresos y el empleo en los países tropicales, con posibles implicaciones para la seguridad alimentaria (*nivel de confianza medio*). Un aumento de la temperatura global de alrededor de 4 °C o más por encima de los niveles del final del siglo XX, en combinación con una creciente demanda de alimentos, plantearía grandes riesgos para la seguridad alimentaria a nivel mundial y regional (*nivel de confianza alto*). Los riesgos para la seguridad alimentaria son generalmente mayores en las zonas de latitudes bajas.<sup>55</sup>

## Zonas urbanas

Muchos riesgos globales del cambio climático se concentran en las zonas urbanas (*nivel de confianza medio*). Las medidas que hacen que aumente la resiliencia y se posibilite el desarrollo sostenible pueden acelerar la adaptación con éxito al cambio climático a nivel mundial. El estrés térmico, la precipitación extrema, las inundaciones continentales y costeras, la contaminación del aire, la sequía y la escasez de agua plantean riesgos en las zonas urbanas para las personas, los activos, las economías y los ecosistemas (*nivel de confianza muy alto*). Los riesgos se amplifican para las personas que carecen de infraestructuras y servicios esenciales o viven en viviendas de mala calidad y en zonas expuestas. Mediante la reducción de los déficits de servicios básicos, la mejora de la vivienda y la construcción de sistemas de infraestructuras resilientes se podrían conseguir reducciones significativas de la vulnerabilidad y la exposición en las zonas urbanas. La adaptación urbana se mejora con la gobernanza eficaz del riesgo urbano a varios niveles, la sintonización de las políticas y los incentivos, el fortalecimiento de la capacidad de adaptación de los gobiernos y comunidades locales, las sinergias con el sector privado y la adecuada financiación y desarrollo institucional (*nivel de confianza medio*). También obran en favor de la adaptación una mayor capacidad, voz e influencia de los grupos de bajos ingresos y las comunidades vulnerables y sus asociaciones con los gobiernos locales.<sup>56</sup>

## Zonas rurales

Se prevé que los impactos rurales más importantes en el futuro ocurran a corto plazo y posteriormente en relación con la disponibilidad y el suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, especialmente en relación con cambios de las zonas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (*nivel de confianza alto*). Se prevé que esos impactos afecten desproporcionadamente al bienestar de los pobres en las zonas rurales, como las familias encabezadas por mujeres y las que tienen un acceso limitado

<sup>55</sup> 6.3-5, 7.4-5, 9.3, 22.3, 24.4, 25.7, 26.5, cuadro 7-3, figuras 7-1, 7-4 y 7-7, recuadro 7-1

<sup>56</sup> 3.5, 8.2-4, 22.3, 24.4-5, 26.8, cuadro 8-2, recuadros 25-9 y CC-EC

a la tierra, los modernos insumos agrícolas, las infraestructuras y la educación. Podrán producirse más adaptaciones en relación con la agricultura, el agua, los bosques y la biodiversidad mediante políticas que tengan en cuenta los contextos rurales de adopción de decisiones. Mediante la reforma del comercio e inversiones se podrá mejorar el acceso a los mercados para las pequeñas explotaciones agrícolas (*nivel de confianza medio*).<sup>57</sup>

## Sectores y servicios económicos claves

**Para la mayoría de los sectores económicos, las proyecciones indican que los impactos de motores como los cambios en la población, la estructura de edad, los ingresos, la tecnología, los precios relativos, el modo de vida, la reglamentación y la gobernanza serán mayores que los impactos del cambio climático (evidencia media, nivel de acuerdo alto).** Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la demanda de energía para calefacción y aumente la demanda para refrigeración en los sectores residencial y comercial (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Indican además que afectarán de forma diferente a las fuentes de energía y las tecnologías, en función de los recursos (por ejemplo, caudal, viento, insolación), procesos tecnológicos (por ejemplo, refrigeración) o ubicaciones (por ejemplo, regiones costeras, llanuras de inundación) implicados. Según las proyecciones, ocurrirán episodios meteorológicos extremos más severos y/o frecuentes, y/o tipos de peligros, con lo que aumentarán las pérdidas y habrá menos variabilidad en varias regiones, y los sistemas de seguros encontrarán dificultades para ofrecer una cobertura asequible y aumentar al mismo tiempo el capital asignado a un mayor riesgo, sobre todo en los países en desarrollo. Como ejemplos de medidas de adaptación cabe destacar las iniciativas de reducción de riesgos público-privadas a gran escala y la diversificación económica.<sup>58</sup>

**Es difícil estimar los impactos económicos globales derivados del cambio climático.** Las estimaciones del impacto económico realizadas en los últimos 20 años varían en su cobertura de subconjuntos de los sectores económicos y dependen de una gran serie de supuestos, muchos de los cuales son discutibles, y muchas estimaciones no tienen en cuenta los cambios catastróficos, puntos críticos y muchos otros factores.<sup>59</sup> Con el reconocimiento de estas limitaciones, las estimaciones incompletas de las pérdidas económicas anuales para aumentos adicionales de la temperatura de alrededor de 2 °C están entre el 0,2% y el 2% de los ingresos ( $\pm 1$  desviación típica de la media) (evidencia media, nivel de acuerdo medio). Es más probable que improbable que las pérdidas sean mayores, y no menores, que ese rango (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto). Además, hay grandes diferencias entre los países y dentro de ellos. Las pérdidas se aceleran con un calentamiento mayor (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto), pero se han realizado pocas estimaciones cuantitativas para un calentamiento adicional de 3 °C o más. Se estima que el impacto económico acumulativo de la emisión de dióxido de carbono está comprendido entre unos pocos dólares y varios cientos de dólares por tonelada de carbono<sup>60</sup> (evidencia sólida, nivel de acuerdo medio). Las estimaciones varían fuertemente según la función de daño y la tasa de descuento supuestas.<sup>61</sup>

## Salud humana

**Hasta mediados de siglo, el impacto del cambio climático proyectado afectará a la salud humana principalmente por la agravación de los problemas de salud ya existentes (nivel de confianza muy alto).** A lo largo del siglo XXI, se prevé que el cambio climático ocasiona un incremento de mala salud en muchas regiones y especialmente en los países en desarrollo de bajos ingresos, en comparación con el nivel de referencia sin cambio climático (nivel de confianza alto). Como ejemplos de ello cabe citar una mayor probabilidad de lesión, enfermedad y muerte debido a olas de calor e incendios más intensos (nivel de confianza muy alto); una mayor probabilidad de desnutrición derivada de una menor producción de alimentos en las regiones pobres (nivel de confianza alto); riesgos de pérdida de capacidad de trabajo y menor productividad laboral en las poblaciones vulnerables; y mayores riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua (nivel de confianza muy alto) y enfermedades transmitidas por vectores (nivel de confianza medio). Se prevé que entre los efectos positivos se produzcan pequeñas reducciones en la mortalidad y morbilidad conexas al frío en algunas regiones debido a las menores temperaturas frías extremas (nivel de confianza bajo), los cambios geográficos en la producción de alimentos (nivel de confianza medio) y la menor capacidad de los vectores para transmitir algunas enfermedades. Pero a nivel global en el siglo XXI, las proyecciones indican que la magnitud y severidad de los impactos negativos primarán cada vez más sobre los impactos positivos (nivel de confianza alto). Las medidas de reducción de la vulnerabilidad más eficaces para la salud a corto plazo son los programas que aplican y mejoran las medidas de salud pública básica como el suministro de agua limpia y saneamiento, asegurar una asistencia sanitaria esencial que comprenda servicios de vacunación y salud infantil, una mayor capacidad de preparación y respuesta frente a los desastres, y el alivio de la pobreza (nivel de confianza muy alto). Para 2100 en el caso del escenario de altas emisiones RCP8,5, las proyecciones apuntan a que la combinación de alta temperatura y humedad en algunas zonas durante algunos períodos del año comprometerán las actividades humanas normales, como producir alimentos o trabajar en el exterior (nivel de confianza alto).<sup>62</sup>

<sup>57</sup> 9.3, 25.9, 26.8, 28.2, 28.4, recuadro 25-5

<sup>58</sup> 3.5, 10.2, 10.7, 10.10, 17.4-5, 25.7, 26.7-9, recuadro 25-7

<sup>59</sup> Las estimaciones de pérdidas en caso de desastre representan solo el límite inferior de las mismas porque resulta difícil valorar y monetizar muchos impactos, como la pérdida de vidas humanas, el patrimonio cultural y los servicios derivados de los ecosistemas y, por tanto, estos valores no se reflejan de forma adecuada en las estimaciones de pérdidas. Los impactos en la economía informal o no documentada, así como los efectos económicos indirectos pueden ser muy importantes en algunos ámbitos y sectores, pero en general no se incluyen en las estimaciones de pérdidas notificadas. [Informe SREX 4.5]

<sup>60</sup> 1 tonelada de carbono = 3,667 toneladas de CO<sub>2</sub>

<sup>61</sup> 10.9

<sup>62</sup> 8.2, 11.3-8, 19.3, 22.3, 25.8, 26.6, figura 25-5, recuadro CC-EC

## Seguridad humana

**Las proyecciones indican que el cambio climático a lo largo del siglo XXI hará que aumenten las personas desplazadas (evidencia media, nivel de acuerdo alto).** Los riesgos de desplazamiento aumentan cuando las poblaciones que carecen de los recursos para realizar una migración planificada se ven sometidas a una mayor exposición a episodios meteorológicos extremos, tanto en las zonas rurales como urbanas, en especial en los países en desarrollo con bajos ingresos. La vulnerabilidad de esas poblaciones puede disminuir si aumentan sus posibilidades de movilidad. Los cambios en las pautas de migración pueden suponer respuestas tanto para los episodios meteorológicos extremos como para la variabilidad y el cambio del clima a largo plazo, y la migración también puede ser una estrategia eficaz de adaptación. Hay un *nivel de confianza bajo* en las proyecciones cuantitativas respecto de los cambios en la movilidad, debido a su carácter complejo y multicausal.<sup>63</sup>

**El cambio climático puede hacer que aumenten indirectamente los riesgos de conflictos violentos en la forma de guerra civil y violencia entre grupos al aumentar la intensidad de los motores que, según una amplia documentación, impulsan dichos conflictos como son la pobreza y las crisis económicas (nivel de confianza medio).** Hay diversas líneas de evidencia sobre la relación existente entre la variabilidad climática y esas formas de conflicto.<sup>64</sup>

**Se prevé que los impactos del cambio climático en la infraestructura esencial y la integridad territorial de muchos Estados influyan en las políticas de seguridad nacional (evidencia media, nivel de acuerdo medio).** Por ejemplo, la inundación de tierras debida a la elevación del nivel del mar supone riesgos para la integridad territorial de pequeños Estados insulares y Estados con costas extensas. Hay impactos transfronterizos del cambio climático, como los cambios en el hielo marino, los recursos hidráticos compartidos y las poblaciones de peces pelágicos, que tienen potencial para hacer que aumente la rivalidad entre los Estados, pero con sólidas instituciones nacionales e intergubernamentales se puede mejorar la cooperación y gestionar muchas de esas rivalidades.<sup>65</sup>

## Medios de subsistencia y pobreza

**Las proyecciones indican que, a lo largo del siglo XXI, los impactos del cambio climático ralentizarán el crecimiento económico, harán más difícil reducir la pobreza, menoscabarán más la seguridad alimentaria, y harán que continúen las trampas de pobreza existentes y se creen otras nuevas, especialmente en las zonas urbanas y las nuevas zonas críticas de hambruna (nivel de confianza medio).** Se prevé que los impactos del cambio climático exacerbarán la pobreza en la mayoría de los países en desarrollo y creen nuevos focos de pobreza en países donde crezca la desigualdad, tanto en los países desarrollados como en desarrollo. En las zonas urbanas y rurales, se prevé que resulten especialmente afectados los hogares pobres dependientes del trabajo asalariado que sean compradores netos de alimentos, debido al aumento del precio de estos, en particular en las regiones con alta inseguridad alimentaria y gran desigualdad (sobre todo en África), si bien podrían salir beneficiados los trabajadores agrícolas por cuenta propia. Los programas de seguros, las medidas de protección social y la gestión de riesgos de desastre pueden hacer que mejore a largo plazo la resiliencia de los medios de subsistencia entre los pobres y los marginados, siempre y cuando las políticas aborden la pobreza y las desigualdades multidimensionales.<sup>66</sup>

## B-3. Riesgos clave regionales y potencial de adaptación

Los riesgos variarán a lo largo del tiempo entre las regiones y las poblaciones, en función de un extenso número de factores, entre ellos el alcance de la adaptación y la mitigación. En el recuadro de evaluación RRP.2 se presenta una selección de los riesgos clave regionales para los que hay un *nivel de confianza entre medio y alto*. Para un resumen ampliado de los riesgos regionales y los beneficios potenciales, véanse Resumen técnico, sección B-3, y GTII IE5, Parte B: Aspectos regionales.

<sup>63</sup> 9.3, 12.4, 19.4, 22.3, 25.9

<sup>64</sup> 12.5, 13.2, 19.4

<sup>65</sup> 12.5-6, 23.9, 25.9

<sup>66</sup> 8.1, 8.3-4, 9.3, 10.9, 13.2-4, 22.3, 26.8

## Recuadro de evaluación RRP.2 | Riesgos clave regionales

En el cuadro 1 adjunto se ponen de relieve varios riesgos clave representativos para cada región. Los riesgos clave se han identificado sobre la base de la evaluación de las publicaciones científicas, técnicas y socioeconómicas pertinentes que se detallan en secciones de apoyo del capítulo. La identificación de los riesgos clave se ha basado en el juicio experto utilizando los siguientes criterios: gran magnitud, alta probabilidad o irreversibilidad de los impactos; momento de los impactos; vulnerabilidad o exposición persistente que contribuye a los riesgos; o potencial limitado para reducir los riesgos mediante adaptación o mitigación.

Para cada riesgo clave, se han evaluado los niveles de riesgo para tres marcos temporales. Para el presente, se han estimado los valores de riesgo en relación con la adaptación actual y un estado hipotético de gran adaptación, y se ha determinado dónde existen actualmente déficits de adaptación. Para dos marcos temporales futuros, se han estimado los valores de riesgo para una continuación de la adaptación actual y un estado hipotético de gran adaptación, y se han representado el potencial de adaptación y sus límites. Los niveles de riesgo integran la probabilidad y la consecuencia por encima del rango más amplio posible de resultados potenciales, basándose en las publicaciones disponibles. Esos resultados potenciales se derivan de la interacción de los peligros, la vulnerabilidad y la exposición conexos al clima. Cada nivel de riesgo refleja el riesgo total por factores climáticos y no climáticos. Los riesgos clave y los niveles de riesgo varían entre las regiones y a lo largo del tiempo, según las diferentes trayectorias de desarrollo socioeconómico, la vulnerabilidad y exposición a los peligros, la capacidad adaptativa y las percepciones del riesgo. Los niveles de riesgo no son necesariamente comparables, especialmente entre las regiones, dado que la evaluación considera los impactos potenciales y la adaptación en diferentes sistemas físicos, biológicos y humanos a través de contextos diversos. Esta evaluación de los riesgos reconoce la importancia de las diferencias en los valores y los objetivos de interpretación de los niveles de riesgo evaluados.

**Recuadro de evaluación RRP.2 Cuadro 1 | Riesgos clave regionales del cambio climático y potencial de reducción de los riesgos mediante la adaptación y mitigación.** Cada riesgo clave se representa con un valor entre muy bajo y muy alto para tres marcos temporales: el presente, el corto plazo (evaluado para 2030-2040), y el largo plazo (evaluado para 2080-2100). A corto plazo, los niveles proyectados de aumento de la temperatura media global no divergen sustancialmente para los distintos escenarios de emisiones. Para el largo plazo, los niveles de riesgo se presentan respecto de dos escenarios de aumento de la temperatura media global ( $2^{\circ}\text{C}$  y  $4^{\circ}\text{C}$  por encima de los niveles preindustriales). Estos escenarios ilustran el potencial de mitigación y adaptación para reducir los riesgos conexos al cambio climático. Los motores climáticos de los impactos se indican mediante iconos.

Motores climáticos de los impactos										Nivel de riesgo y potencial de adaptación		
										Potencial de adaptación adicional para reducir el riesgo	Nivel de riesgo con gran adaptación	Nivel de riesgo con la adaptación actual
Tendencia de calentamiento	Temperatura extrema	Tendencia de desecación	Precipitación extrema	Precipitación	Manto nival	Ciclón destructivo	Nivel del mar	Acidificación del océano	Fertilización con dióxido de carbono			
<b>Africa</b>												
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas			Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación						
Intensificación del estrés sobre los recursos hídricos que afrontan un importante agotamiento por la sobreexplotación y la degradación en el presente y deberán afrontar una mayor demanda en el futuro, con una agravación a causa del estrés por sequía en las regiones de África propensas a la sequía (nivel de confianza alto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de los factores de estrés no climáticos que afectan a los recursos hídricos</li> <li>Fortalecimiento de las capacidades institucionales de gestión de la demanda, evaluación de las aguas subterráneas, planificación integrada de los recursos hídricos y las aguas residuales y gobernanza integrada del suelo y el agua</li> <li>Desarrollo urbano sostenible</li> </ul>				Presente	Muy bajo	Medio	Muy alto				
[22.3-4]					Corto plazo (2030-2040)							
Reducción de la productividad de los cultivos asociada al estrés por calor y sequía, con fuertes efectos adversos en los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de las regiones, los países y los hogares; también a causa de un mayor daño por plagas y enfermedades y del impacto de las inundaciones en la infraestructura de los sistemas alimentarios (nivel de confianza alto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respuestas de adaptación tecnológica (por ejemplo, variedades de cultivos tolerantes al estrés, riego o sistemas de observación avanzados)</li> <li>Mejoramiento del acceso de los pequeños agricultores al crédito y otros recursos de producción esenciales; diversificación de los medios de subsistencia</li> <li>Fortalecimiento de las instituciones a nivel local, nacional y regional en apoyo de la agricultura (incluidos sistemas de alerta temprana) y política con perspectiva de género</li> <li>Respuestas de adaptación agronómica (por ejemplo, agrosilvicultura o agricultura de conservación)</li> </ul>				Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100)	Muy bajo	Medio	Muy alto				
[22.3-4]					$4^{\circ}\text{C}$							
Cambios en la incidencia y el área de distribución geográfica de las enfermedades transmitidas por vectores y por el agua debido a cambios en el promedio y la variabilidad de la temperatura y la precipitación, especialmente en los bordes de sus áreas de distribución (nivel de confianza medio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logro de objetivos de desarrollo, en particular mejor acceso a agua segura y saneamiento moderno, y mejoramiento de las funciones de salud pública como la vigilancia</li> <li>Elaboración de esquemas de vulnerabilidades, y sistemas de alerta temprana</li> <li>Coordinación entre los sectores</li> <li>Desarrollo urbano sostenible</li> </ul>				Presente	Muy bajo	Medio	Muy alto				
[22.3]					Corto plazo (2030-2040)							
					Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100)	Muy bajo	Medio	Muy alto				
					$4^{\circ}\text{C}$							

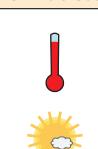
Continúa en la página siguiente →

## Recuadro de evaluación RRP.2 Cuadro 1 (continuación)

Europa						
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación		
				Muy bajo	Medio	Muy alto
Mayores pérdidas económicas y mayor número de personas afectadas por inundaciones en las cuencas fluviales y las costas, impulsados por el aumento cada vez mayor de la urbanización, los niveles del mar, la erosión de la costa y las descargas fluviales máximas (nivel de confianza alto) [23.2-3, 23.7]	<p>La adaptación puede prevenir la mayoría de los daños proyectados (nivel de confianza alto).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Experiencia sustancial en tecnologías de protección contra inundaciones con elementos estructurales y experiencia creciente en restauración de humedales</li> <li>Costos elevados para los crecientes niveles de protección contra las inundaciones</li> <li>Barreras potenciales a la aplicación: demanda de suelo en Europa y preocupaciones ambientales y paisajísticas</li> </ul>		Presente			
			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Mayores restricciones de agua. Reducción sustancial en la disponibilidad de agua proveniente de la extracción fluvial y de los recursos de aguas subterráneas, combinada con una mayor demanda de agua (por ejemplo, para el riego, la obtención de energía, la industria o el uso doméstico) y con un menor drenaje y escorrentía como resultado de una mayor evaporación, especialmente en el sur de Europa (nivel de confianza alto) [23.4, 23.7]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencial de adaptación demostrado gracias a la adopción de más tecnologías eficientes para el agua y estrategias de ahorro de agua (por ejemplo, para el riego, especies cultivables, cubierta terrestre, industrias o uso doméstico)</li> <li>Aplicación de prácticas idóneas e instrumentos de gobernanza en los planes de gestión de las cuencas fluviales y la gestión integrada de los recursos hídricos</li> </ul>		Presente			
			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Mayores pérdidas económicas y mayor número de personas afectadas por episodios de calor extremo: impactos en la salud y el bienestar, la productividad laboral, la producción agrícola y la calidad del aire, y el creciente riesgo de que se produzcan incendios forestales en el sur de Europa y en la región boreal de Rusia (nivel de confianza medio) [23.3-7, cuadro 23-1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicación de sistemas de alerta</li> <li>Adaptación de las viviendas, los lugares de trabajo y las infraestructuras de transporte y energía</li> <li>Reducciones en las emisiones para mejorar la calidad del aire</li> <li>Gestión avanzada de los incendios forestales</li> <li>Desarrollo de productos de seguros contra las variaciones en los rendimientos conexos a la meteorología</li> </ul>		Presente			
			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Asia						
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación		
				Muy bajo	Medio	Muy alto
Mayores inundaciones fluviales, costeras y urbanas, ocasionando daños generalizados a la infraestructura, los medios de subsistencia y los asentamientos en Asia (nivel de confianza medio) [24.4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de la exposición mediante medidas estructurales y no estructurales, planificación eficaz del uso del suelo y reubicación selectiva</li> <li>Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura y los servicios de aseguramiento de la vida (por ejemplo, agua, energía, gestión de desechos, alimentos, biomasa, movilidad, ecosistemas locales o telecomunicaciones)</li> <li>Construcción de sistemas de vigilancia y alerta temprana; medidas de identificación de zonas expuestas, de asistencia a zonas y hogares vulnerables y de diversificación de los medios de subsistencia</li> <li>Diversificación económica</li> </ul>		Presente			
			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Mayor riesgo de mortalidad relacionada con el calor (nivel de confianza alto) [24.4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas de alerta sanitaria en caso de olas de calor</li> <li>Planificación urbana para reducir las islas de calor; mejora del entorno construido; desarrollo de ciudades sostenibles</li> <li>Nuevas prácticas de trabajo destinadas a evitar estrés por calor entre los trabajadores de exterior</li> </ul>		Presente			
			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Mayor riesgo de escasez de agua y alimentos conexo a la sequía causante de malnutrición (nivel de confianza alto) [24.4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparación para casos de desastre con inclusión de sistemas de alerta temprana y estrategias locales para afrontar los desastres</li> <li>Gestión adaptativa/integrada de los recursos hídricos</li> <li>Desarrollo de infraestructuras hidrálicas y embalses</li> <li>Diversificación de las fuentes de agua incluida la reutilización de agua</li> <li>Uso más eficiente del agua (por ejemplo, mejores prácticas agrícolas, gestión del riego y agricultura resiliente)</li> </ul>		Presente			
			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			

Continúa en la página siguiente →

## Recuadro de evaluación RRP.2 Cuadro 1 (continuación)

Australasia						
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación		
Cambio significativo en la composición y estructura de la comunidad de los sistemas de arrecifes de coral en Australia ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [25.6, 30.5, recuadros CC-AC y CC-AO]	<ul style="list-style-type: none"> <li>La capacidad de los corales para adaptarse de forma natural parece limitada e insuficiente para compensar los efectos nocivos de las crecientes temperaturas y acidificación</li> <li>Otras opciones se limitan principalmente a reducir otros factores de estrés (calidad del agua, turismo y pesca) y sistemas de alerta temprana; se han propuesto intervenciones directas como la colonización asistida y el sombreado pero aún no se han probado a escala</li> </ul>		Muy bajo	Medio	Muy alto	
Presente			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Mayor frecuencia e intensidad de los daños ocasionados por inundaciones sobre la infraestructura y los asentamientos en Australia y Nueva Zelanda ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [cuadro 25-1, recuadros 25-8 y 25-9]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Importante déficit de adaptación en algunas regiones ante los actuales riesgos de inundación</li> <li>La adaptación eficaz comprende controles del uso del suelo y reubicación así como protección y acomodación del mayor riesgo para garantizar flexibilidad</li> </ul>		Muy bajo	Medio	Muy alto	
Presente			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Crecientes riesgos para la infraestructura costera y los ecosistemas situados a baja altitud en Australia y Nueva Zelanda, con daño generalizado en la parte superior de los rangos de elevación del nivel del mar proyectados ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [25.6, 25.10, recuadro 25-1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit de adaptación en algunas ubicaciones ante el actual riesgo de erosión costera e inundación. Los ciclos sucesivos de construcción y protección limitan las respuestas flexibles</li> <li>La adaptación eficaz comprende controles del uso del suelo y, en última instancia, reubicación así como protección y acomodación</li> </ul>		Muy bajo	Medio	Muy alto	
Presente			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
América del Norte						
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación		
Pérdidas inducidas por los incendios forestales sobre la integridad de los ecosistemas, la propiedad y la morbilidad y mortalidad humana como resultado de tendencias de crecimiento de la desecación y las temperaturas ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [26.4, 26.8, recuadro 26-2]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algunos ecosistemas están más adaptados al fuego que otros. Los administradores forestales y los planificadores municipales cada vez incorporan con mayor frecuencia medidas de protección contra incendios (por ejemplo, quema prescrita, introducción de vegetación resiliente). La capacidad institucional de apoyo a la adaptación de los ecosistemas es limitada</li> <li>La adaptación de los asentamientos humanos está limitada por el rápido auge de la propiedad privada en las zonas de alto riesgo y por la reducida capacidad adaptativa de los hogares</li> <li>La agrosilvicultura puede ser una estrategia eficaz de reducción de las prácticas de corta y quema en México.</li> </ul>		Muy bajo	Medio	Muy alto	
Presente			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Mortalidad humana conexa al calor ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [26.6, 26.8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>El aire acondicionado residencial puede reducir eficazmente el riesgo. Sin embargo, la disponibilidad y el uso del aire acondicionado son muy variables y desaparecen totalmente durante los cortes de electricidad. Entre las poblaciones vulnerables figuran los atletas y los trabajadores de exterior, que no tienen posibilidad de recurrir al aire acondicionado</li> <li>Las adaptaciones a escala de la comunidad y el hogar tienen posibilidades de servir para reducir la exposición al calor extremo a través del apoyo familiar, sistemas de alerta temprana de olas de calor, centros de refrigeración, el reverdecimiento y superficies de albedo alto</li> </ul>		Muy bajo	Medio	Muy alto	
Presente			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			
Las inundaciones urbanas en zonas fluviales y costeras, que inducen pobreza y daños en las infraestructuras; desorganización de la cadena de suministro, los ecosistemas y los sistemas sociales; impactos de salud pública; y disminución de la calidad del agua, debido a la elevación del nivel del mar, precipitación extrema y ciclones ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [26.2-4, 26.8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>La aplicación de la gestión del drenaje urbano es onerosa y perturbadora en las zonas urbanas</li> <li>Las estrategias de bajo riesgo con cobeneficios comprenden superficies menos impermeables que permiten una mayor recarga de las aguas subterráneas, una infraestructura verde y jardines y huertos en las azoteas</li> <li>La elevación del nivel del mar hace que aumente el nivel del agua en los desagües costeros, lo que impide el drenaje. En muchos casos, es necesario actualizar las antiguas normas de diseño para precipitaciones que se utilizan para reflejar las actuales condiciones climáticas</li> <li>La conservación de los humedales, en particular los manglares, y las estrategias de planificación de uso del suelo pueden reducir la intensidad de los episodios de inundación</li> </ul>		Muy bajo	Medio	Muy alto	
Presente			Corto plazo (2030-2040)			
			Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C			

Continúa en la página siguiente →

## Recuadro de evaluación RRP.2 Cuadro 1 (continuación)

América Central y del Sur					
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación	
Disponibilidad de agua en las regiones semiráidas y dependientes del deshielo de los glaciares y en América Central; inundaciones y deslizamientos de tierra en zonas urbanas y rurales debido a la precipitación extrema ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [27.3]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión integrada de los recursos hídricos</li> <li>Gestión de inundaciones urbanas y rurales (incluida la infraestructura), sistemas de alerta temprana, mejores predicciones meteorológicas y de la escorrentía, y control de enfermedades infecciosas</li> </ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Menor producción de alimentos y calidad alimentaria ( <i>nivel de confianza medio</i> ) [27.3]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de nuevas variedades de cultivos más adaptadas al cambio climático (temperatura y sequía)</li> <li>Compensación de los impactos de la menor calidad alimentaria en la salud humana y animal</li> <li>Compensación de los impactos económicos del cambio de uso del suelo</li> <li>Fortalecimiento de los sistemas y prácticas derivados de los conocimientos tradicionales</li> </ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Difusión de las enfermedades transmitidas por vectores en altitud y latitud ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [27.3]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de sistemas de alerta temprana para el control y mitigación de enfermedades basado en fuentes climáticas o de otro tipo pertinentes. Hay muchos factores que inducen una mayor vulnerabilidad</li> <li>Establecimiento de programas para ampliar los servicios básicos de salud pública</li> </ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Regiones polares					
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación	
Riesgos para los ecosistemas de agua dulce y terrestres ( <i>nivel de confianza alto</i> ) y los ecosistemas marinos ( <i>nivel de confianza medio</i> ), a causa 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 [28.2-4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejora de la comprensión gracias a los conocimientos científicos e indígenas, lo que produce soluciones más efectivas e/lo innovaciones tecnológicas</li> <li>Mejor vigilancia, regulación y sistemas de alerta que logren el uso seguro y sostenible de los recursos ecosistémicos</li> <li>Diversificación de las especies de caza y pesca, si es posible, y de las fuentes de ingresos</li> </ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Riesgos para la salud y el bienestar de los habitantes del Ártico, debido a lesiones y enfermedades derivadas del entorno físico cambiante, inseguridad alimentaria, falta de agua potable fiable y segura y daño en la infraestructura, en particular la infraestructura de las regiones de permafrost ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [28.2-4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración conjunta de soluciones más sólidas que combinan la ciencia y tecnología y los conocimientos científicos</li> <li>Sistemas avanzados de observación, vigilancia y alerta</li> <li>Mejores comunicaciones, educación y formación</li> <li>Modificación de las bases de recursos, el uso del suelo, y/o las zonas de asentamiento</li> </ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Retos sin precedentes para las comunidades del norte debido a las complejas interrelaciones entre los peligros conexos al clima y los factores sociales, especialmente si el cambio se produce a una tasa mayor que la de adaptación de los sistemas sociales ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [28.2-4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaboración conjunta de soluciones más sólidas que combinan la ciencia y tecnología y los conocimientos científicos</li> <li>Sistemas avanzados de observación, vigilancia y alerta</li> <li>Mejores comunicaciones, educación y formación</li> <li>Respuestas de gestión adaptativa conjunta dadas mediante soluciones a las reclamaciones de tierras</li> </ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Islas pequeñas					
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación	
Pérdida de medios de subsistencia, asentamientos costeros, infraestructura, servicios ecosistémicos y estabilidad económica ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [29.6, 29.8, figura 29-4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe un importante potencial para la adaptación en las islas, pero nuevos recursos externos y tecnologías mejorarian la respuesta</li> <li>Mantenimiento y mejora de las funciones y los servicios ecosistémicos y de la seguridad de agua y alimentos</li> <li>Se prevé que en el futuro merme mucho la eficacia de las estrategias tradicionales de respuesta de la comunidad</li> </ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
La interacción del creciente nivel global del mar en el siglo XXI con episodios de gran elevación del nivel del agua supondrá una amenaza para las zonas costeras bajas ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [29.4, cuadro 29-1; GTI IE5 13.5, cuadro 13.5]	<ul style="list-style-type: none"> <li>La alta proporción de superficie costera en relación con la masa terrestre en las islas hará que la adaptación suponga un importante problema financiero y de recursos</li> <li>Entre las posibilidades de adaptación figuran el mantenimiento y la restauración de la topografía y los ecosistemas costeros, una mejor gestión de los suelos y los recursos de agua dulce y unos códigos de construcción y pautas de asentamiento adecuados</li> </ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	

## Recuadro de evaluación RRP.2 Cuadro 1 (continuación)

Los océanos				
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación
Cambio en la distribución de las especies de peces e invertebrados, y disminución del potencial de capturas pesqueras en latitudes bajas, por ejemplo, en los sistemas de surgenia ecuatoriales y de límites costeros y en los giros subtropicales ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [6.3, 30.5-6, cuadros 6-6 y 30-3, recuadro CC-BM]	• El potencial de adaptación evolutiva de las especies de peces e invertebrados ante el calentamiento es limitado, según lo indican sus cambios en la distribución para mantener las temperaturas • Posibilidades de adaptación humana: cambio de ubicación a gran escala de las actividades pesqueras industriales tras confrontar las disminuciones regionales (baja latitud) con los posibles incrementos transitorios (alta latitud) en el potencial de capturas; gestión flexible, con capacidad para reaccionar a la variabilidad y el cambio; mejora de la resiliencia de los peces ante el estrés térmico mediante la reducción del efecto de otros factores de estrés como la contaminación y la eutrofización, ampliación de la acuicultura sostenible y desarrollo de medios de subsistencia alternativos en algunas regiones		Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Muy alto 
Menor biodiversidad, abundancia de pesca y protección costera mediante arrecifes de coral debido al aumento de la decoloración y la mortalidad masiva de los corales inducidas por el calor, con el agravante de la acidificación del océano, por ejemplo, en los sistemas de límites costeros y en los giros subtropicales ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [5.4, 6.4, 30.3, 30.5-6, cuadros 6-6 y 30-3, recuadro CC-AC]	• La evidencia de la rápida evolución de los corales es muy limitada. Algunos corales pueden migrar a latitudes más altas, pero se prevé que habrá sistemas de arrecifes enteros que no serán capaces de seguir el ritmo de las altas tasas de cambios en las temperaturas • Las posibilidades de adaptación humana se limitan a disminuir el efecto de otros estreses, principalmente por medio de mejorar la calidad del agua y limitar las presiones derivadas del turismo y la pesca. Esas posibilidades harán que los impactos del cambio climático en el ser humano se demoren unos cuantos decenios, pero su eficacia disminuirá mucho conforme aumente el estrés térmico		Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Muy alto 
Inundaciones costeras y pérdidas de hábitats debido a la elevación del nivel del mar, episodios extremos, cambios en la precipitación y menor resiliencia ecológica, por ejemplo, en los sistemas de límites costeros y en los giros subtropicales ( <i>nivel de confianza entre medio y alto</i> ) [5.5, 30.5-6, cuadros 6-6 y 30-3, recuadro CC-AC]	• Las posibilidades de adaptación humana se limitan a disminuir otros estreses, principalmente por medio de reducir la contaminación y limitar las presiones derivadas del turismo, la pesca, la destrucción física y la acuicultura insostenible • Reducción de la deforestación y aumento de la reforestación de las cuencas fluviales y las zonas costeras para retener los sedimentos y los nutrientes • Mayor protección de los manglares, arrecifes de coral y praderas marinas, y restauración para proteger numerosos bienes y servicios ecosistémicos como la protección costera, el valor turístico, y el hábitat de los peces		Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Muy alto 

RRP

## C: GESTIÓN DE FUTUROS RIESGOS Y CREACIÓN DE RESILIENCIA

La gestión de los riesgos del cambio climático implica adoptar decisiones de adaptación y mitigación que tendrán consecuencias en las generaciones, las economías y el medio ambiente del futuro. En esta sección se evalúa la adaptación como medio de crear resiliencia y realizar ajustes en función de los impactos del cambio climático. También se consideran los límites a la adaptación, las trayectorias resilientes al clima y el papel de la transformación. Véase la figura RRP.8 para tener una visión general de las respuestas para afrontar el riesgo conexo al cambio climático.

### C-1. Principios de adaptación eficaz

**La adaptación es específica del lugar y el contexto, y no existe ningún método único para reducir los riesgos que resulte adecuado para todas las situaciones (*nivel de confianza alto*).** Las estrategias eficaces de reducción del riesgo y adaptación consideran la dinámica de la vulnerabilidad y la exposición y sus relaciones con los procesos socioeconómicos, el desarrollo sostenible y el cambio climático. En el cuadro RRP.1 se presentan ejemplos específicos de respuestas al cambio climático.<sup>67</sup>

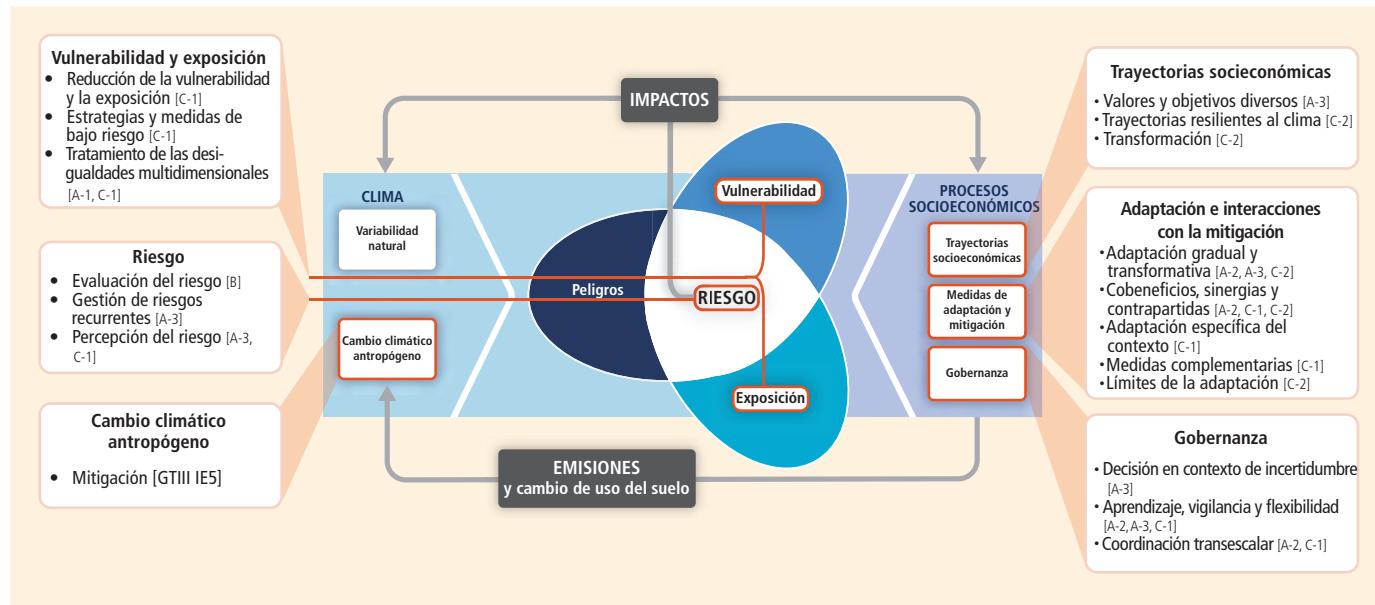
**La planificación y realización de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, desde el personal al gubernamental (*nivel de confianza alto*).** Los gobiernos nacionales pueden coordinar los esfuerzos de adaptación de los gobiernos locales y subnacionales, por ejemplo protegiendo los grupos vulnerables, apoyando la diversificación económica y proporcionando información, políticas y marcos jurídicos, y coordinar el apoyo financiero (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Cada vez es mayor el reconocimiento de que gozan los gobiernos locales y el sector privado como actores fundamentales para progresar en la adaptación, habida cuenta de los papeles que desempeñan en la adaptación a mayor escala de las comunidades, los hogares y la sociedad civil, y para gestionar la información y la financiación conexas al riesgo (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*).<sup>68</sup>

**Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro consiste en reducir la vulnerabilidad y exposición a la variabilidad climática actual (*nivel de confianza alto*).** Las estrategias comprenden medidas junto a cobeneficios para otros objetivos. Las estrategias y medidas existentes pueden hacer que aumente la resiliencia en una gama de posibles climas futuros y contribuir al mismo tiempo a que mejoren la salud humana, los medios de subsistencia, el bienestar social y económico y la calidad del medio ambiente. Véase el cuadro RRP.1. La incorporación de la adaptación en la planificación y la toma de decisiones puede promover sinergias con el desarrollo y la reducción de riesgos de desastre.<sup>69</sup>

<sup>67</sup> 2.1, 8.3-4, 13.1, 13.3-4, 15.2-3, 15.5, 16.2-3, 16.5, 17.2, 17.4, 19.6, 21.3, 22.4, 26.8-9, 29.6, 29.8

<sup>68</sup> 2.1-4, 3.6, 5.5, 8.3-4, 9.3-4, 14.2, 15.2-3, 15.5, 16.2-5, 17.2-3, 22.4, 24.4, 25.4, 26.8-9, 30.7, cuadros 21-1, 21-5 y 21-6, recuadro 16-2

<sup>69</sup> 3.6, 8.3, 9.4, 14.3, 15.2-3, 17.2, 20.4, 20.6, 22.4, 24.4-5, 25.4, 25.10, 27.3-5, 29.6, recuadros 25-2 y 25-6



**Figura RRP.8 |** El espacio de soluciones. Conceptos básicos de GTII IE5, donde se ilustran los puntos de entrada y los enfoques, junto con sus intersecciones, así como las principales consideraciones de la gestión de riesgos conexos al cambio climático, que se evalúan y se presentan en el presente informe. Las referencias entre corchetes indican secciones de este Resumen para responsables de políticas con las correspondientes conclusiones de la evaluación.

**La planificación y realización de la adaptación a todos los niveles de gobernanza depende de los valores sociales, los objetivos y las percepciones del riesgo (nivel de confianza alto). El reconocimiento de los diversos intereses, circunstancias, contextos socioculturales y expectativas puede favorecer los procesos de toma de decisiones.** Los sistemas y prácticas relacionados con los conocimientos indígenas, locales y tradicionales, en particular la visión holística que tienen los pueblos indígenas de la comunidad y el medio ambiente, son un recurso fundamental para la adaptación al cambio climático, pero no se han utilizado coherentemente en los esfuerzos de adaptación actuales. La integración de esas formas de conocimientos en las prácticas existentes hace que aumente la eficacia de la adaptación.<sup>70</sup>

**El apoyo de las decisiones es más eficaz cuando es sensible al contexto y la diversidad de los tipos de decisiones, los procesos de su adopción y sus defensores (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** Las organizaciones que hacen de puente entre la ciencia y la toma de decisiones, en particular los servicios climáticos, desempeñan un importante papel en la comunicación, transferencia y evolución de los conocimientos climáticos, incluyendo la traducción, la colaboración y el intercambio de conocimientos (evidencia media, nivel de acuerdo alto).<sup>71</sup>

**Los instrumentos económicos existentes y los que se van creando pueden fomentar la adaptación al ofrecer incentivos a la anticipación y amortiguación de los impactos (nivel de confianza medio).** Entre dichos instrumentos cabe destacar las asociaciones de financiación publicoprivadas, préstamos, pagos por los servicios ambientales, mejor establecimiento de tarifas por los recursos, tasas y subsidios, normas y reglamentaciones, y mecanismos de reparto y transferencia del riesgo. Los mecanismos de financiación del riesgo en los sectores público y privado, como los consorcios de seguros y riesgos, pueden contribuir a que aumente la resiliencia, pero sin prestar atención a los principales problemas de concepción, también pueden constituir desincentivos, provocar el fallo del mercado y hacer que disminuya la equidad. Los gobiernos a menudo desempeñan papeles fundamentales en su calidad de reguladores, proveedores o aseguradores de último recurso.<sup>72</sup>

**Las limitaciones pueden interactuar para obstaculizar la planificación y realización de la adaptación (nivel de confianza alto).** Las limitaciones comunes a la realización se derivan de los siguientes factores: escasos recursos financieros y humanos; limitada integración o coordinación de la gobernanza; incertidumbres acerca de los impactos proyectados; diferentes percepciones de los riesgos; valores en competencia; ausencia de líderes y defensores clave de la adaptación; y herramientas limitadas de control de la eficacia de la adaptación. Otra limitación es la insuficiente investigación, vigilancia y observación y la insuficiente financiación para su mantenimiento. La subestimación de la complejidad de la adaptación como proceso social puede crear expectativas irreales sobre el logro de los resultados de adaptación buscados.<sup>73</sup>

<sup>70</sup> 2.2-4, 9.4, 12.3, 13.2, 15.2, 16.2-4, 16.7, 17.2-3, 21.3, 22.4, 24.4, 24.6, 25.4, 25.8, 26.9, 28.2, 28.4, cuadro 15-1, recuadro 25-7

<sup>71</sup> 2.1-4, 8.4, 14.4, 16.2-3, 16.5, 21.2-3, 21.5, 22.4, recuadro 9-4

<sup>72</sup> 10.7, 10.9, 13.3, 17.4-5, recuadro 25-7

<sup>73</sup> 3.6, 4.4, 5.5, 8.4, 9.4, 13.2-3, 14.2, 14.5, 15.2-3, 15.5, 16.2-3, 16.5, 17.2-3, 22.4, 23.7, 24.5, 25.4, 25.10, 26.8-9, 30.6, cuadro 16-3, recuadros 16-1 y 16-3

**Cuadro RRP.1** | Enfoques para la gestión de los riesgos del cambio climático. Estos enfoques deberían considerarse de forma solapada y no como enfoques discretos, y a menudo son enfoques que se persiguen simultáneamente. La mitigación se considera esencial para la gestión de los riesgos del cambio climático, pero no se aborda en este cuadro puesto que la mitigación es el tema de GTIII IE5. Los ejemplos se presentan sin ningún orden específico y pueden ser pertinentes para más de una categoría. [14.2-3, cuadro 14-1]

Enfoques solapados	Categoría	Ejemplos	Referencia(s) del capítulo
<b>Reducción de la vulnerabilidad y la exposición</b> mediante desarrollo, planificación y prácticas, incluidas muchas medidas de bajo riesgo	Desarrollo humano	Mejor acceso a la educación, nutrición, servicios sanitarios, energía, vivienda segura y estructuras de asentamiento, y estructuras de apoyo social; Menor desigualdad de género y marginación en otras formas.	8.3, 9.3, 13.1-3, 14.2-3, 22.4
	Alivio de la pobreza	Mejor acceso a los recursos locales y control de estos; Tenencia de la tierra; Reducción de riesgos de desastre; Redes de seguridad social y protección social; Regímenes de seguros.	8.3-4, 9.3, 13.1-3
	Seguridad de los medios de subsistencia	Diversificación de los ingresos, activos y medios de subsistencia; Mejor infraestructura; Acceso a la tecnología y foros de toma de decisiones; Mayor capacidad de toma de decisiones; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.	7.5, 9.4, 13.1-3, 22.3-4, 23.4, 26.5, 27.3, 29.6, cuadro SM24-7
	Gestión de riesgos de desastre	Sistemas de alerta temprana; Cartografía de peligros y vulnerabilidades; Diversificación de los recursos hídricos; Drenaje mejorado; Refugios contra inundaciones y ciclones; Códigos y prácticas de edificación; Gestión de tormentas y aguas residuales; Mejoras del transporte y la infraestructura vial.	8.2-4, 11.7, 14.3, 15.4, 22.4, 24.4, 26.6, 28.4, recuadro 25-1, cuadro 3-3
	Gestión de ecosistemas	Mantenimiento de humedales y espacios verdes urbanos; Forestación costera; Gestión de cuencas fluviales y embalses; Reducción de la intensidad de otros factores de estrés sobre los ecosistemas y de la fragmentación de los hábitats; Mantenimiento de la diversidad genética; Manipulación de los regímenes de perturbación; Gestión comunitaria de los recursos naturales.	4.3-4, 8.3, 22.4, cuadro 3-3, recuadros 4-3, 8-2, 15-1, 25-8, 25-9 y CC-EA
	Planificación espacial o de uso del suelo	Suministro de vivienda, infraestructuras y servicios adecuados; Gestión del desarrollo en las zonas inundables y otras zonas de alto riesgo; Planificación urbanística y programas de mejoras; Legislación sobre división territorial; Servidumbres; Áreas protegidas.	4.4, 8.1-4, 22.4, 23.7-8, 27.3, recuadro 25-8
	Estructural/física	<b>Opciones de ambientes ingenierizados y construidos:</b> Malecones y estructuras de protección costera; Diques para el control de crecidas; Almacenamiento de agua; Drenaje mejorado; Refugios contra inundaciones y ciclones; Elaboración de códigos y prácticas; Gestión de tormentas y aguas residuales; Mejoras del transporte y la infraestructura vial; Casas flotantes; Ajustes en centrales y redes eléctricas.	3.5-6, 5.5, 8.2-3, 10.2, 11.7, 23.3, 24.4, 25.7, 26.3, 26.8, recuadros 15-1, 25-1, 25-2 y 25-8
		<b>Opciones tecnológicas:</b> Nuevas variedades de cultivos y animales; Conocimientos, tecnologías y métodos indígenas, tradicionales y locales; Riego eficiente; Tecnologías de ahorro de agua; Desalinización; Agricultura de conservación; Instalaciones de almacenamiento y conservación de alimentos; Elaboración de esquemas y vigilancia de los peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana; Aislamiento de edificios; Refrigeración mecánica y pasiva; Desarrollo, transferencia y difusión de tecnología.	7.5, 8.3, 9.4, 10.3, 15.4, 22.4, 24.4, 26.3, 26.5, 27.3, 28.2, 28.4, 29.6-7, recuadros 20-5 y 25-2, cuadros 3-3 y 15-1
		<b>Opciones ecosistémicas:</b> Restauración ecológica; Conservación del suelo; Forestación y reforestación; Conservación y replantación de manglares; Infraestructura verde (por ejemplo, árboles de sombra, azoteas con jardines o huertos); Control de la sobreexplotación pesquera; Ordenación conjunta de la pesca; Migración y dispersión asistida de especies; Corredores ecológicos; Bancos de semillas, bancos de genes y otras medidas de conservación <i>ex situ</i> ; Gestión comunitaria de los recursos naturales.	4.4, 5.5, 6.4, 8.3, 9.4, 11.7, 15.4, 22.4, 23.6-7, 24.4, 25.6, 27.3, 28.2, 29.7, 30.6, recuadros 15-1, 22-2, 25-9, 26-2 y CC-EA
	Institucional	<b>Servicios:</b> Redes de seguridad social y protección social; Bancos de alimentos y distribución del excedente de alimentos; Servicios municipales con inclusión de agua y saneamiento; Programas de vacunación; Servicios esenciales de salud pública; Servicios médicos de emergencia mejorados.	3.5-6, 8.3, 9.3, 11.7, 11.9, 22.4, 29.6, recuadro 13-2
		<b>Opciones económicas:</b> Incentivos financieros; Seguros; Bonos de catástrofe; Pago por los servicios ecosistémicos; Tarificación del agua como medida en favor del suministro universal y el uso correcto; Microfinanciación; Fondos para imprevistos en casos de desastre; Transferencias de efectivo; Asociaciones público privadas.	8.3-4, 9.4, 10.7, 11.7, 13.3, 15.4, 17.5, 22.4, 26.7, 27.6, 29.6, recuadro 25-7
		<b>Leyes y reglamentos:</b> Legislación sobre división territorial; Normas y prácticas de edificación; Servidumbres; Regulaciones y acuerdos en materia de agua; Legislación en apoyo de la reducción de riesgos de desastre; Legislación en favor de la contratación de seguros; Derechos de propiedad definidos y seguridad respecto de la tenencia de la tierra; Áreas protegidas; Cuotas pesqueras; Consorcios de patentes y transferencia de tecnología.	4.4, 8.3, 9.3, 10.5, 10.7, 15.2, 15.4, 17.5, 22.4, 23.4, 23.7, 24.4, 25.4, 26.3, 27.3, 30.6, cuadro 25-2, recuadro CC-AC
	Social	<b>Políticas y programas nacionales y gubernamentales:</b> Planes de adaptación nacionales y regionales e incorporación general de la adaptación; Planes de adaptación subnacionales y locales; Diversificación económica; Programas de mejora urbana; Programas municipales de ordenación de los recursos hídricos; Planificación y preparación para casos de desastre; Ordenación integrada de los recursos hídricos; Ordenación integrada de las zonas costeras; Gestión basada en el ecosistema; Adaptación de la comunidad.	2.4, 3.6, 4.4, 5.5, 6.4, 7.5, 8.3, 11.7, 15.2-5, 22.4, 23.7, 25.4, 25.8, 26.8-9, 27.3-4, 29.6, recuadros 25-1, 25-2 y 25-9, cuadros 9-2 y 17-1
		<b>Opciones educativas:</b> Sensibilización e integración en la educación; Equidad de género en la educación; Servicios de extensión; Intercambio de conocimientos indígenas, tradicionales y locales; Investigación en acción participativa y aprendizaje social; Plataformas de intercambio de conocimientos y aprendizaje.	8.3-4, 9.4, 11.7, 12.3, 15.2-4, 22.4, 25.4, 28.4, 29.6, cuadros 15-1 y 25-2
		<b>Opciones de información:</b> Elaboración de esquemas de peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana y respuesta; Vigilancia y teledetección sistemáticas; Servicios climáticos; So de observaciones climáticas indígenas; Composición de un escenario participativo; Evaluaciones integradas.	2.4, 5.5, 8.3-4, 9.4, 11.7, 15.2-4, 22.4, 23.5, 24.4, 25.8, 26.6, 26.8, 27.3, 28.2, 28.5, 30.6, cuadro 25-2, recuadro 26-3
	Esferas de cambio	<b>Opciones de comportamiento:</b> Preparación de viviendas y planificación de la evaluación; Migración; Conservación del suelo y el agua; Desatasco de drenajes pluviales; Diversificación de medios de subsistencia; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.	5.5, 7.5, 9.4, 12.4, 22.3-4, 23.4, 23.7, 25.7, 26.5, 27.3, 29.6, cuadro SM24-7, recuadro 25-5
		<b>Práctica:</b> Innovaciones sociales y técnicas, cambios de comportamiento o cambios institucionales y de gestión que produzcan modificaciones sustanciales en los resultados.	8.3, 17.3, 20.5, recuadro 25-5
		<b>Política:</b> Decisiones y medidas de carácter político, social, cultural y ecológico en sintonía con la disminución de la vulnerabilidad y el riesgo y el apoyo de la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible.	14.2-3, 20.5, 25.4, 30.7, cuadro 14-1
		<b>Personal:</b> Presunciones, creencias, valores y visiones del mundo individuales y colectivos que influyen en las respuestas al cambio climático.	14.2-3, 20.5, 25.4, cuadro 14-1

**Una pobre planificación, un excesivo hincapié en la obtención de resultados a corto plazo o una insuficiente anticipación de las consecuencias podrían dar lugar a una adaptación incorrecta (evidencia media, nivel de acuerdo alto).** La adaptación incorrecta puede hacer que aumente la vulnerabilidad o la exposición del grupo destinatario de la adaptación en el futuro, o bien la vulnerabilidad de otras personas, lugares o sectores. Algunas respuestas a corto plazo ante los crecientes riesgos conexos al cambio climático también podrían limitar las opciones futuras. Por ejemplo, una mayor protección de los activos expuestos puede estar bloqueada por su dependencia de otras medidas de protección.<sup>74</sup>

**Una evidencia limitada indica que existe una brecha entre las necesidades globales de adaptación y los fondos disponibles para la adaptación (nivel de confianza medio).** Existe la necesidad de contar con una mejor evaluación de los costos, financiación e inversión globales de la adaptación. Los estudios estiman que el costo global de la adaptación se caracteriza por la deficiencia de datos, métodos y cobertura (nivel de confianza alto).<sup>75</sup>

**Existen importantes cobeneficios, sinergias y contrapartidas entre la mitigación y la adaptación y entre las distintas respuestas de adaptación; ocurren interacciones tanto dentro de las regiones como entre ellas (nivel de confianza muy alto).** Los crecientes esfuerzos desplegados en pro de la mitigación del cambio climático y la adaptación a él van aparejados a una creciente complejidad de las interacciones, especialmente en las intersecciones entre los sectores del agua, la energía, el uso del suelo y la biodiversidad, pero aún siguen siendo reducidas las herramientas disponibles para comprender y manejar tales interacciones. Cabe destacar entre los ejemplos de medidas que generan cobeneficios los siguientes: i) fuentes energéticas más eficientes y más limpias, que redunden en menores emisiones de contaminantes atmosféricos que alteran el clima y dañan la salud; ii) menor consumo de energía y agua en las zonas urbanas, con ciudades cada vez más ecológicas y mediante el reciclaje del agua; iii) agricultura y silvicultura sostenibles; y iv) protección de los ecosistemas para que proporcionen servicios de almacenamiento de carbono y otros servicios ecosistémicos.<sup>76</sup>

## C-2. Trayectorias resilientes al clima y transformación

Las trayectorias resilientes al clima son trayectorias de desarrollo sostenible que combinan adaptación y mitigación con miras a reducir el cambio climático y sus impactos. Comprenden procesos iterativos para garantizar la aplicación y el mantenimiento de la gestión eficaz del riesgo. Véase la figura RRP.9.<sup>77</sup>

**Las perspectivas de trayectorias de desarrollo sostenibles resilientes al clima están fundamentalmente relacionadas con los logros mundiales en la mitigación del cambio climático (nivel de confianza alto).** Habida cuenta de que la mitigación reduce la tasa y la magnitud del calentamiento, también incrementa el plazo de que se dispone para la adaptación a un nivel particular de cambio climático, potencialmente en varios decenios. De demorarse las medidas de mitigación podrían verse limitadas las posibilidades de trayectorias resilientes al clima en el futuro.<sup>78</sup>

**A mayores tasa y magnitud del cambio climático, mayor es la probabilidad de sobrepasar los límites a la adaptación (nivel de confianza alto).** La adaptación llega a su límite cuando no son posibles o en ese momento no son accesibles medidas de adaptación destinadas a evitar riesgos intolerables para los objetivos de un agente o las necesidades de un sistema. Puede que no coincidan los juicios de valor en cuanto a lo que constituye un riesgo intolerable. Aparecen límites a la adaptación por la interacción entre el cambio climático y las carencias biofísicas y/o socioeconómicas. Con el tiempo, pueden menguar las posibilidades de obtener beneficios de las sinergias positivas entre la adaptación y la mitigación, especialmente si se sobrepasan los límites a la adaptación. Hay partes del planeta donde la insuficiencia de respuesta ante los nuevos impactos ya está socavando la base del desarrollo sostenible.<sup>79</sup>

**Las transformaciones en las decisiones y medidas de orden económico, social, tecnológico y político pueden posibilitar las trayectorias resilientes al clima (nivel de confianza alto).** En el cuadro RRP.1 se presentan ejemplos específicos de ello. Ahora se puede tratar de aplicar estrategias y medidas que logren progresos hacia las trayectorias de desarrollo sostenible resilientes al clima, y que al mismo tiempo contribuyan a mejorar los medios de subsistencia, el bienestar social y económico y la gestión ambiental responsable. A nivel nacional, se considera que la transformación es más eficaz cuando refleja las propias visiones y enfoques de un país para lograr el desarrollo sostenible en conformidad con sus circunstancias y prioridades nacionales. Se considera que las transformaciones hacia la sostenibilidad se benefician del aprendizaje iterativo, los procesos deliberativos y la innovación.<sup>80</sup>

<sup>74</sup> 5.5, 8.4, 14.6, 15.5, 16.3, 17.2-3, 20.2, 22.4, 24.4, 25.10, 26.8, cuadro 14-4, recuadro 25-1

<sup>75</sup> 14.2, 17.4, cuadros 17-2 y 17-3

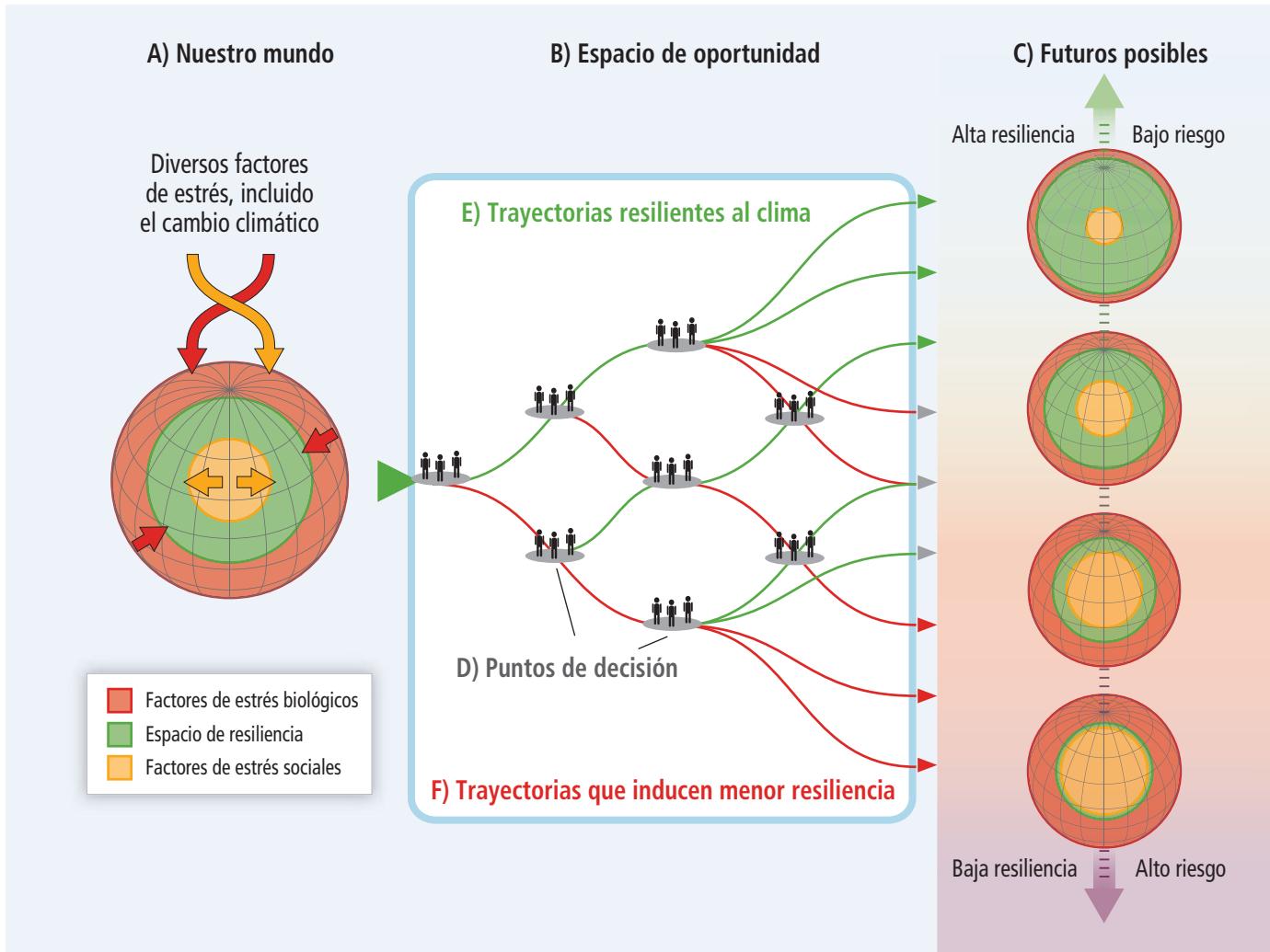
<sup>76</sup> 2.4-5, 3.7, 4.2, 4.4, 5.4-5, 8.4, 9.3, 11.9, 13.3, 17.2, 19.3-4, 20.2-5, 21.4, 22.6, 23.8, 24.6, 25.6-7, 25.9, 26.8-9, 27.3, 29.6-8, recuadros 25-2, 25-9, 25-10, 30.6-7, CC-AE y CC-CF

<sup>77</sup> 2.5, 20.3-4

<sup>78</sup> 1.1, 19.7, 20.2-3, 20.6, figura 1-5

<sup>79</sup> 1.1, 11.8, 13.4, 16.2-7, 17.2, 20.2-3, 20.5-6, 25.10, 26.5, recuadros 16-1, 16-3 y 16-4

<sup>80</sup> 1.1, 2.1, 2.5, 8.4, 14.1, 14.3, 16.2-7, 20.5, 22.4, 25.4, 25.10, figura 1-5, recuadros 16-1, 16-4 y RT.8



**Figura RRP9 |** Espacio de oportunidad y trayectorias resilientes al clima. A) Nuestro mundo [secciones A-1 y B-1] está amenazado por diversos factores de estrés que afectan a la resiliencia desde muchas direcciones, y que en esta figura se representan de forma sencilla como factores de estrés biofísicos y sociales. Entre los factores de estrés se incluyen el cambio climático, la variabilidad climática, el cambio de uso del suelo, la degradación de los ecosistemas, la pobreza y desigualdad y factores culturales. B) El espacio de oportunidad [secciones A-2, A-3, B-2, C-1 y C-2] hace referencia a puntos de decisión y trayectorias que conducen a una gama de C) futuros posibles [secciones C y B-3] con diferentes niveles de resiliencia y riesgo. D) Desde los puntos de decisión se toman o no medidas que se aplican en todo el espacio de oportunidad, y el conjunto constituye el proceso de gestión o falta de gestión de los riesgos conexos al cambio climático. E) Las trayectorias resilientes al clima (en verde) dentro del espacio de oportunidad conducen a un mundo más resiliente a través del aprendizaje adaptativo, la acumulación de conocimientos científicos, medidas eficaces de adaptación y mitigación, y otras opciones que reducen los riesgos. F) Las trayectorias que inducen una menor resiliencia (en rojo) pueden deberse a una mitigación insuficiente, a una adaptación incorrecta, o a la falta de comprensión y utilización de los conocimientos, y a otras medidas que reducen la resiliencia; y pueden ser irreversibles en lo que respecta a los futuros posibles.

## MATERIAL COMPLEMENTARIO

**Cuadro RRP.A1** | Impactos observados atribuidos al cambio climático que figuran en las publicaciones científicas desde el Cuarto Informe de Evaluación. Esos impactos se han atribuido al cambio climático con un nivel de confianza *muy bajo, bajo, medio, o alto*, y la contribución relativa del cambio climático (grande o pequeña) al cambio observado se indica en el caso de los sistemas naturales y humanos de las ocho regiones principales del mundo en los últimos decenios. [cuadros 18-5, 18-6, 18-7, 18-8 y 18-9] El hecho de que en el cuadro no figuren otros impactos atribuidos al cambio climático no significa que no se hayan producido.

<b>Africa</b>	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retroceso de los glaciares de montaña tropicales en África oriental (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reducción en la descarga en los ríos de África occidental (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Calentamiento de la superficie de los lagos y aumento de la estratificación de la columna de agua en los Grandes Lagos y el lago Kariba (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del déficit de humedad del suelo en el Sahel desde 1970, parcialmente condiciones más húmedas desde 1990 (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático) [22.2-3, cuadros 18-5, 18-6 y 22-3]</li> </ul>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la densidad arbórea en la zona occidental del Sahel y la región semiárida de Marruecos, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desplazamiento de las áreas de distribución de varias plantas y animales del sur, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de los incendios forestales en el monte Kilimanjaro (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático) [22.3, cuadros 18-7 y 22-3]</li> </ul>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de los arrecifes de coral en aguas tropicales de África, más allá de la disminución debida a los impactos del ser humano (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático) [Cuadro 18-8]</li> </ul>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respuestas adaptativas a las variaciones de la precipitación por parte de los agricultores de Sudáfrica, más allá de los cambios debidos a las condiciones económicas (<i>nivel de confianza muy bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución de los árboles frutales en el Sahel (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la malaria en las tierras altas de Kenia, más allá de los cambios debidos a las vacunas, la resistencia a los medicamentos, la demografía y los medios de subsistencia (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Reducción de la productividad pesquera en los Grandes Lagos y el lago Kariba, más allá de los cambios debidos a la ordenación pesquera y al uso del suelo (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático) [7.2, 11.5, 13.2, 22.3, cuadro 18-9]</li> </ul>
<b>Europa</b>	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retroceso de los glaciares alpinos, escandinavos e islandeses (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de las fracturas en los taludes de roca de la zona occidental de los Alpes (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambios en el momento en que ocurren las descargas y las inundaciones extremas fluviales (<i>nivel de confianza muy bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático) [18.3, 23.2-3, cuadros 18-5 y 18-6; GTI IES 4.3]</li> </ul>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adelanto del reverdecimiento, el brote de las hojas y la fructificación en los árboles de regiones templadas y boreales (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la colonización de especies vegetales alóctonas en Europa, más allá de una determinada invasión de base (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Anticipación de la llegada de las aves migratorias en Europa desde 1970 (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desplazamiento ascendente del límite arbóreo en Europa, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de las zonas forestales quemadas en los últimos decenios en Portugal y Grecia, más allá de los aumentos debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático) [4.3, 18.3, cuadros 18-7 y 23-6]</li> </ul>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplazamiento hacia el norte en la distribución del zooplancton, los peces, las aves marinas y los invertebrados bentónicos en el noreste del Atlántico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desplazamiento hacia el norte y a mayor profundidad en la distribución de muchas especies de peces de los mares europeos (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambios en la fenología del plancton en el noreste del Atlántico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Expansión de las especies de agua templada en el Mediterráneo, más allá de los cambios debidos a los impactos de las especies invasoras y el ser humano (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático) [6.3, 23.6, 30.5, cuadros 6-2 y 18-8, recuadros 6-1 y CC-BM]</li> </ul>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio de una mortalidad relacionada con el frío a una mortalidad relacionada con el calor en Inglaterra y Gales, más allá de los cambios debidos a la exposición y la atención sanitaria (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Impactos en los medios de subsistencia de los sami en el norte de Europa, más allá de los efectos de los cambios económicos y sociopolíticos (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Estancamiento del rendimiento del trigo en algunos países en los últimos decenios, a pesar de la mejora de la tecnología (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Impactos positivos en el rendimiento de algunos cultivos, principalmente en el norte de Europa, más allá del aumento por la mejora de la tecnología (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Expansión del virus de la fiebre catarral ovina o lengua azul y de las garrapatas en determinadas partes de Europa (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático) [18.4, 23.4-5, cuadro 18-9, figura 7-2]</li> </ul>

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RRP.A1 (continuación)

Asia	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Degradación del permafrost en Siberia, Asia Central y la meseta tibetana (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Retroceso de los glaciares de montaña en la mayor parte de Asia (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Variación de la disponibilidad de agua en muchos ríos de China, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (nivel de confianza bajo, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Mayor caudal de varios ríos debido al retroceso de los glaciares (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Adelanto de las crecidas primaverales máximas en los ríos de Rusia (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Menor humedad del suelo en el norte central y en el noreste de China (1950-2006) (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Degrado del agua de la superficie en determinadas partes de Asia, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (nivel de confianza medio, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[24.3-4, 28.2, cuadros 18-5, 18-6, y SM24-4, recuadro 3-1; GTI IE5 4.3, 10.5]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en la fenología y el crecimiento de las plantas en muchas partes de Asia (adelanto de la fase vegetativa), en particular en el norte y el este (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desplazamiento hacia mayor altitud o hacia el polo en la distribución de muchas especies vegetales y animales, en particular en el norte de Asia (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Invasión de bosques de aerce siberiano por pinos y piceas durante los últimos decenios (nivel de confianza bajo, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Expansión de los arbustos en la sabana siberiana (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[4.3, 24.4, 28.2, cuadro 18-7, figura 4-4]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de los arrecifes de coral en las aguas tropicales de Asia, más allá de la disminución debida a los impactos del ser humano (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Extensión hacia el norte en la distribución de los corales del mar de China Oriental y el Pacífico occidental, y de una especie de pez depredador en el mar de Japón (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambio de las sardinas a las anchovas en el Pacífico Norte occidental, más allá de las fluctuaciones debidas a la pesca (nivel de confianza bajo, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la erosión costera en la zona ártica de Asia (nivel de confianza bajo, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[6.3, 24.4, 30.5, cuadros 6-2 y 18-8]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en los medios de subsistencia de grupos indígenas de la zona ártica de Rusia, más allá de los cambios económicos y sociopolíticos (nivel de confianza bajo, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Impactos negativos en los rendimientos acumulados del trigo en el sur de Asia, más allá del aumento debido a la mejora de la tecnología (nivel de confianza medio, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Impactos negativos en los rendimientos acumulados del trigo y el maíz en China, más allá del aumento debido a la mejora de la tecnología (nivel de confianza bajo, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Aumento de las enfermedades transmitidas por el agua en Israel (nivel de confianza bajo, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[7.2, 13.2, 18.4, 28.2, cuadros 18-4 y 18-9, figura 7-2]</p>
Australasia	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción significativa del espesor de las nevadas tardías en 3 de cada 4 sitios alpinos de Australia (1957-2002) (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución sustancial del volumen de hielo y de hielo de los glaciares en Nueva Zelanda (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Intensificación de las sequías hidrológicas debido al calentamiento regional en el sureste de Australia (nivel de confianza bajo, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Reducción de la afluencia en los sistemas fluviales del suroeste de Australia (desde mediados de la década de 1970) (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[25.5, cuadros 18-5, 18-6, y 25-1; GTI IE5 4.3]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en la genética, el crecimiento, la distribución y la fenología de muchas especies, en particular aves, mariposas y plantas en Australia, más allá de las fluctuaciones debidas a los climas locales variables, el uso del suelo, la contaminación y las especies invasoras (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Expansión de determinados humedales y contracción de tierras arboladasadyacentes en el sureste de Australia (nivel de confianza bajo, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Expansión del bosque pluvial monzónico a expensas de la sabana y los pastos herbáceos del noreste de Australia (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Anticipo de varias semanas en la migración de las anguilas en el río Waikato, Nueva Zelanda (nivel de confianza bajo, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[cuadros 18-7 y 25-3]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplazamiento hacia el sur en la distribución de especies marinas cerca de Australia, más allá de los cambios debidos a las fluctuaciones ambientales a corto plazo, la pesca y la contaminación (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Modificación del calendario de la migración de las aves marinas en Australia (nivel de confianza bajo, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la decoración de corales en la Gran Barrera de Coral y los arrecifes de Australia occidental, más allá de los efectos de la contaminación y las perturbaciones físicas (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Modificación de los patrones de distribución de las enfermedades del coral en la Gran Barrera de Coral, más allá de los efectos de la contaminación (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[6.3, 25.6, cuadros 18-8 y 25-3]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adelanto de la maduración de la uva en los últimos decenios, más allá del adelanto debido a la mejora de la gestión (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambio en la relación de mortalidad humana invierno/verano, más allá de cambios debidos a la exposición y la atención sanitaria (nivel de confianza bajo, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reubicación o diversificación de las actividades agrícolas en Australia, más allá de los cambios debidos a las políticas, los mercados y la variabilidad del clima a corto plazo (nivel de confianza bajo, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[11.4, 18.4, 25.7-8, cuadros 18-9 y 25-3, recuadro 25-5]</p>
América del Norte	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retroceso de los glaciares en las regiones occidentales y septentrionales de América del Norte (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución de la cantidad de agua del banco de nieve primaveral en la zona occidental de América del Norte (1960-2002) (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambio hacia una anticipación del momento de caudal máximo de los ríos en cuyo caudal domina el aporte de nieve en la zona occidental de América del Norte (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de las escorrentías en el noreste y el medio oeste de Estados Unidos (nivel de confianza medio, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[cuadros 18-5 y 18-6; GTI IE5 2.6, 4.3]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en la fenología y el desplazamiento hacia mayor altitud y hacia el norte en la distribución de varios taxones (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la frecuencia de incendios forestales en bosques de coníferas subárticas y en la tundra (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento regional de la mortalidad de los áboles y plagas de insectos en los bosques (nivel de confianza bajo, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Aumento de los incendios forestales, la frecuencia y duración de los incendios y las zonas quemadas de los bosques de la zona occidental de Estados Unidos y los bosques boreales de Canadá, más allá de los cambios debidos al uso del suelo y la gestión de incendios (nivel de confianza medio, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[26.4, 28.2, cuadro 18-7, recuadro 26-2]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplazamiento hacia el norte en la distribución de especies de peces (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambios en los lechos de mejillones de la costa oeste de Estados Unidos (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambio en la migración y la supervivencia del salmón en el noreste del Pacífico (nivel de confianza alto, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la erosión costera en Alaska y Canadá (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[18.3, 30.5, cuadros 6-2 y 18-8]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en los medios de subsistencia de grupos indígenas en la zona ártica de Canadá, más allá de los efectos de los cambios económicos y sociopolíticos (nivel de confianza medio, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[18.4, 28.2, cuadros 18-4 y 18-9]</p>

Continúa en la página siguiente →

**Cuadro RRP.A1 (continuación)**

<b>América Central y del Sur</b>	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retroceso de los glaciares andinos (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambios en los caudales extremos del río Amazonas (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Modificación de los patrones de descarga en los ríos en la región occidental de los Andes (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del flujo fluvial en las subcuencas del río de La Plata, más allá del aumento debido al cambio de uso del suelo (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático) [27.3, cuadros 18-5, 18-6 y 27-3; GTI IE5 4.3]</li> </ul>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la mortalidad de los árboles y de los incendios forestales en la Amazonia (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Degradoación del bosque pluvial y recesión en la Amazonia, más allá de las tendencias de base de la deforestación y degradación de las tierras (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático) [4.3, 18.3, 27.2-3, cuadro 18-7]</li> </ul>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la decoloración de corales en la zona occidental del Caribe, más allá de los efectos de la contaminación y las perturbaciones físicas (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Degradoación de manglares en la costa norte de América del Sur, más allá de la degradación debida a la contaminación y al uso del suelo (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático) [27.3, cuadro 18-8]</li> </ul>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor vulnerabilidad de las trayectorias de los medios de subsistencia de los agricultores indígenas Aymara en Bolivia debido a la escasez de agua, más allá de los efectos de la creciente tensión social y económica (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de los rendimientos agrícolas y expansión de las zonas agrícolas en la zona suroriental de América del Sur, más allá del aumento debido a la mejora de la tecnología (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático) [13.1, 27.3, cuadro 18-9]</li> </ul>
<b>Regiones polares</b>	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la capa de hielo marino del Ártico en verano (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reducción del volumen de hielo de los glaciares del Ártico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución de la extensión del manto nival en el Ártico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Degradoación generalizada del permafrost, en especial en la zona meridional del Ártico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Pérdida de masa de hielo en la costa de la Antártida (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del caudal de descarga de los grandes ríos circumpolares (1997-2007) (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del caudal fluvial mínimo en invierno en la mayor parte del Ártico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de las temperaturas del agua de los lagos en 1985-2009 y ampliación de las estaciones sin hielo (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desaparición de los lagos de termokarst debido a la degradación del permafrost en el sur del Ártico. Aparición de nuevos lagos en zonas donde antes había turba congelada (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático) [28.2, cuadros 18-5 y 18-6; GTI IE5 4.2-4, 4.6, 10.5]</li> </ul>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la cubierta arbustiva de la tundra en América del Norte y Eurasia (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Avance de la línea arbórea del Ártico en latitud y altitud (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Modificación de la zona de cría y del tamaño de la población de aves subárticas, debido a la reducción del banco de nieve y/o la invasión de los arbustos de la tundra (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Pérdida de ecosistemas de bancos de nieve y tundra (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Impactos en los animales de la tundra del aumento de las capas de hielo en el banco de nieve, tras episodios de lluvia sobre la nieve (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del área de distribución de especies vegetales en la región occidental de la Península Antártica y en las islas cercanas en los últimos 50 años (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la productividad del fitopláncton en las aguas del lago de la Isla Signy (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático) [28.2, cuadro 18-7]</li> </ul>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la erosión costera del Ártico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Efectos negativos sobre las especies no migratorias del Ártico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Menor éxito reproductivo de las aves marinas del Ártico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución de focas y aves marinas en el océano Austral (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reducción del espesor de la concha de los foraminíferos en los océanos meridionales, debido a la acidificación del océano (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reducción de la densidad del krill en el mar de Escocia (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático) [6.3, 18.3, 28.2-3, cuadro 18-8]</li> </ul>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en los medios de subsistencia de los pueblos indígenas del Ártico, más allá de los efectos de los cambios económicos y sociopolíticos (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del tráfico de buques en el estrecho de Bering (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático) [18.4, 28.2, cuadros 18-4 y 18-9, figura 28-4]</li> </ul>
<b>Islas pequeñas</b>	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la escasez de agua en Jamaica, más allá del aumento debido al uso del agua (<i>nivel de confianza muy bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático) [cuadro 18-6]</li> </ul>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en las poblaciones de aves tropicales en Mauricio (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Declive de una planta endémica en Hawái (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Tendencia ascendente en las líneas arbóreas y la fauna conexa en islas con mucha altitud (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático) [29.3, cuadro 18-7]</li> </ul>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la decoloración de los corales cerca de muchas pequeñas islas tropicales, más allá de los efectos de la degradación debida a la pesca y la contaminación (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Degradoación de manglares, humedales y pastos marinos alrededor de islas pequeñas, más allá de la degradación debida a otras perturbaciones (<i>nivel de confianza muy bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Aumento de las inundaciones y la erosión, más allá de la erosión ocasionada por las actividades humanas, la erosión natural y el aterramiento (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Degradoación de los ecosistemas de aguas subterráneas y de agua dulce debida a la intrusión salina, más allá de la degradación debida a la contaminación y la extracción de aguas subterráneas (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático) [29.3, cuadro 18-8]</li> </ul>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la degradación de la pesca costera debido a los efectos directos y los efectos del aumento en la decoloración del arrecife de coral, más allá de la degradación debida a la sobreexplotación pesquera y la contaminación (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático) [18.3, 18.4, 29.3, 30.6, cuadro 18-9, recuadro CC-AC]</li> </ul>

# **Resumen técnico**



# Resumen técnico

## **Preparado bajo la dirección de la Mesa del Grupo de trabajo II:**

Amjad Abdulla (Maldivas), Vicente R. Barros (Argentina), Eduardo Calvo (Perú), Christopher B. Field (Estados Unidos de América), José M. Moreno (España), Nirivololona Raholijao (Madagascar), Sergey Semenov (Federación de Rusia), Neville Smith (Australia)

## **Autores principales coordinadores:**

Christopher B. Field (Estados Unidos de América), Vicente R. Barros (Argentina), Katharine J. Mach (Estados Unidos de América), Michael D. Mastrandrea (Estados Unidos de América)

## **Autores principales:**

Maarten K. van Aalst (Países Bajos), W. Neil Adger (Reino Unido), Douglas J. Arent (Estados Unidos de América), Jonathon Barnett (Australia), Richard A. Betts (Reino Unido), T. Eren Bilir (Estados Unidos de América), Joern Birkmann (Alemania), JoAnn Carmin (Estados Unidos de América), Dave D. Chadee (Trinidad y Tabago), Andrew J. Challinor (Reino Unido), Monalisa Chatterjee (Estados Unidos de América/India), Wolfgang Cramer (Alemania/Francia), Debra J. Davidson (Canadá), Yuka Otsuki Estrada (Estados Unidos de América/Japón), Jean-Pierre Gattuso (Francia), Yasuaki Hijioka (Japón), Ove Hoegh-Guldberg (Australia), He-Qing Huang (China), Gregory E. Insarov (Federación de Rusia), Roger N. Jones (Australia), R. Sari Kovats (Reino Unido), Joan Nyman Larsen (Islandia), Iñigo J. Losada (España), José A. Marengo (Brasil), Roger F. McLean (Australia), Linda O. Mearns (Estados Unidos de América), Reinhard Mechler (Alemania/Austria), John F. Morton (Reino Unido), Isabelle Niang (Senegal), Taikan Oki (Japón), Jane Mukarugwiza Olwoch (Sudáfrica), Maggie Opondo (Kenya), Elvira S. Poloczanska (Australia), Hans-O. Pörtner (Alemania), Margaret Hiza Redsteer (Estados Unidos de América), Andy Reisinger (Nueva Zelanda), Aromar Revi (India), Patricia Romero-Lankao (México), Daniela N. Schmidt (Reino Unido), M. Rebecca Shaw (Estados Unidos de América), William Solecki (Estados Unidos de América), Dáithí A. Stone (Canadá/Sudáfrica/Estados Unidos de América), John M.R. Stone (Canadá), Kenneth M. Strzepek (Universidad de las Naciones Unidas/Estados Unidos de América), Avelino G. Suarez (Cuba), Petra Tschakert (Estados Unidos de América), Riccardo Valentini (Italia), Sebastián Vicuña (Chile), Alicia Villamizar (Venezuela), Katharine E. Vincent (Sudáfrica), Rachel Warren (Reino Unido), Leslie L. White (Estados Unidos de América), Thomas J. Wilbanks (Estados Unidos de América), Poh Poh Wong (Singapur), Gary W. Yohe (Estados Unidos de América)

## **Editores-revisores:**

Paulina Aldunce (Chile), Jean Pierre Ometto (Brasil), Nirivololona Raholijao (Madagascar), Kazuya Yasuhara (Japón)

## **Este Resumen técnico debe ser citado del siguiente modo:**

Field, C.B., V.R. Barros, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, M. van Aalst, W.N. Adger, D.J. Arent, J. Barnett, R. Betts, T.E. Bilir, J. Birkmann, J. Carmin, D.D. Chadee, A.J. Challinor, M. Chatterjee, W. Cramer, D.J. Davidson, Y.O. Estrada, J.-P. Gattuso, Y. Hijioka, O. Hoegh-Guldberg, H.Q. Huang, G.E. Insarov, R.N. Jones, R.S. Kovats, P. Romero-Lankao, J.N. Larsen, I.J. Losada, J.A. Marengo, R.F. McLean, L.O. Mearns, R. Mechler, J.F. Morton, I. Niang, T. Oki, J.M. Olwoch, M. Opondo, E.S. Poloczanska, H.-O. Pörtner, M.H. Redsteer, A. Reisinger, A. Revi, D.N. Schmidt, M.R. Shaw, W. Solecki, D.A. Stone, J.M.R. Stone, K.M. Strzepek, A.G. Suarez, P. Tschakert, R. Valentini, S. Vicuña, A. Villamizar, K.E. Vincent, R. Warren, L.L. White, T.J. Wilbanks, P.P. Wong y G.W. Yohe, 2014: Resumen técnico. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.35-101 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

# Índice

<b>Evaluación y gestión de los riesgos del cambio climático .....</b>	<b>37</b>
Recuadro RT.1   Contexto de la evaluación .....	38
Recuadro RT.2   Términos fundamentales para la comprensión del Resumen .....	39
Recuadro RT.3   Comunicación del grado de incertidumbre en las conclusiones de la evaluación .....	41
<b>A: Impactos observados, vulnerabilidad y adaptación en un mundo complejo y cambiante .....</b>	<b>40</b>
A-1. Impactos observados, vulnerabilidad y exposición .....	40
Recuadro RT.4   Desigualdad y vulnerabilidad al cambio climático multidimensionales .....	50
A-2. Experiencia de adaptación .....	51
A-3. El contexto de la toma de decisiones .....	56
<b>B: Futuros riesgos y oportunidades en relación con la adaptación .....</b>	<b>60</b>
B-1. Riesgos clave en los sectores y las regiones .....	60
Recuadro RT.5   Interferencia humana en el sistema climático .....	62
Recuadro RT.6   Consecuencias de un gran aumento de temperatura .....	64
B-2. Riesgos sectoriales y potencial de adaptación .....	65
Recuadro RT.7   Acidificación del océano .....	76
B-3. Riesgos regionales y potencial de adaptación .....	77
<b>C: Gestión de futuros riesgos y creación de resiliencia .....</b>	<b>87</b>
C-1. Principios de adaptación eficaz .....	87
C-2. Trayectorias resilientes al clima y transformación .....	90
Recuadro RT.8   Límites a la adaptación y transformación .....	91
Recuadro RT.9   El nexo agua-energía-alimentos .....	95

## EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Se está produciendo una interferencia humana en el sistema climático (GTI IE5 RRP, sección D.3; GTI IE5, secciones 2.2, 6.3, 10.3 a 10.6, 10.9). El cambio climático plantea riesgos para los sistemas humanos y naturales (figura RT.1). La evaluación de los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad en la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación (GTII IE5) del IPCC analiza el modo en que están cambiando los patrones de riesgos y los beneficios potenciales debido al cambio climático, y estudia cómo se pueden reducir y gestionar los impactos y los riesgos relacionados con el cambio climático por medio de la adaptación y la mitigación. En el informe se evalúan las necesidades, opciones, oportunidades, limitaciones, resiliencia, límites y otros aspectos asociados a la adaptación. En él se reconoce que los riesgos del cambio climático serán diferentes en las distintas regiones y poblaciones, a lo largo del espacio y el tiempo, dependiendo de numerosos factores, entre ellos el alcance de la adaptación y la mitigación.

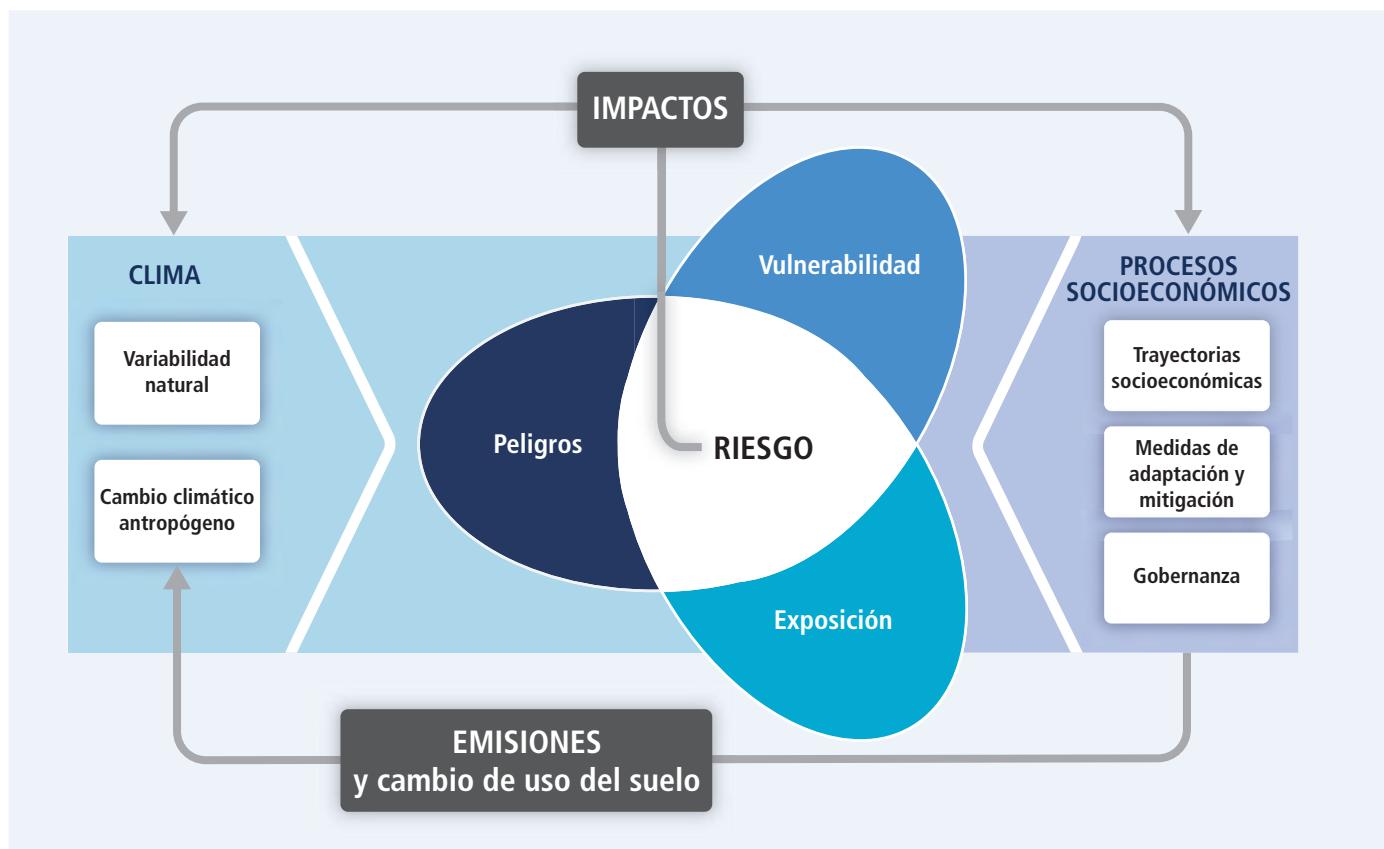
El cambio climático conlleva interacciones complejas y cambios en las probabilidades de impactos diversos. La focalización en el riesgo, que supone un planteamiento nuevo en el presente informe, ayuda a la toma de decisiones en el contexto del cambio climático y complementa otros elementos del informe. Las personas y las sociedades pueden

percibir o jerarquizar los riesgos y los beneficios potenciales de formas diferentes, según los diversos valores y objetivos.

En comparación con los anteriores informes del Grupo de trabajo II, su contribución al Quinto Informe de Evaluación analiza una base de conocimientos sustancialmente mayor de publicaciones científicas, técnicas y socioeconómicas pertinentes. Gracias al mayor número de publicaciones se ha facilitado la evaluación exhaustiva de un conjunto más amplio de temas y sectores, con mayor cobertura de los sistemas humanos, la adaptación y el océano. Véase el recuadro RT.1.

En la sección A del presente resumen se describen los impactos, la vulnerabilidad y la exposición observados, así como las respuestas de adaptación existentes hasta la fecha. En la sección B se examinan los futuros riesgos y los beneficios potenciales en los diferentes sectores y regiones, y se subraya dónde son importantes las opciones para reducir los riesgos mediante la mitigación y la adaptación. En la sección C se estudian los principios de adaptación eficaz y las amplias interacciones existentes entre la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible.

El recuadro RT.2 define conceptos centrales. Para expresar el grado de incertidumbre conexo a las principales conclusiones, el informe se basa en el uso coherente de un lenguaje de incertidumbre calibrado, que se expone en el recuadro RT.3. Las referencias de los capítulos mostradas entre corchetes indican un respaldo de las conclusiones, las figuras y los cuadros recogidos en este resumen.



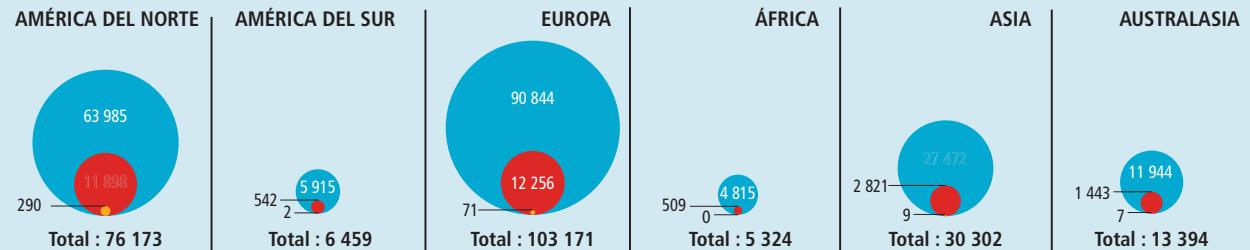
**Figura RT.1** | Ilustración de los conceptos básicos de la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación. El riesgo de los impactos conexos al clima se deriva de la interacción de los peligros conexos al clima (incluidos episodios y tendencias peligrosos) con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y naturales. Los cambios en el sistema climático (izquierda) y los procesos socioeconómicos, incluidas la adaptación y mitigación (derecha), son impulsores de peligros, exposición y vulnerabilidad. [19.2, figura 19-1]

## Recuadro RT.1 | Contexto de la evaluación

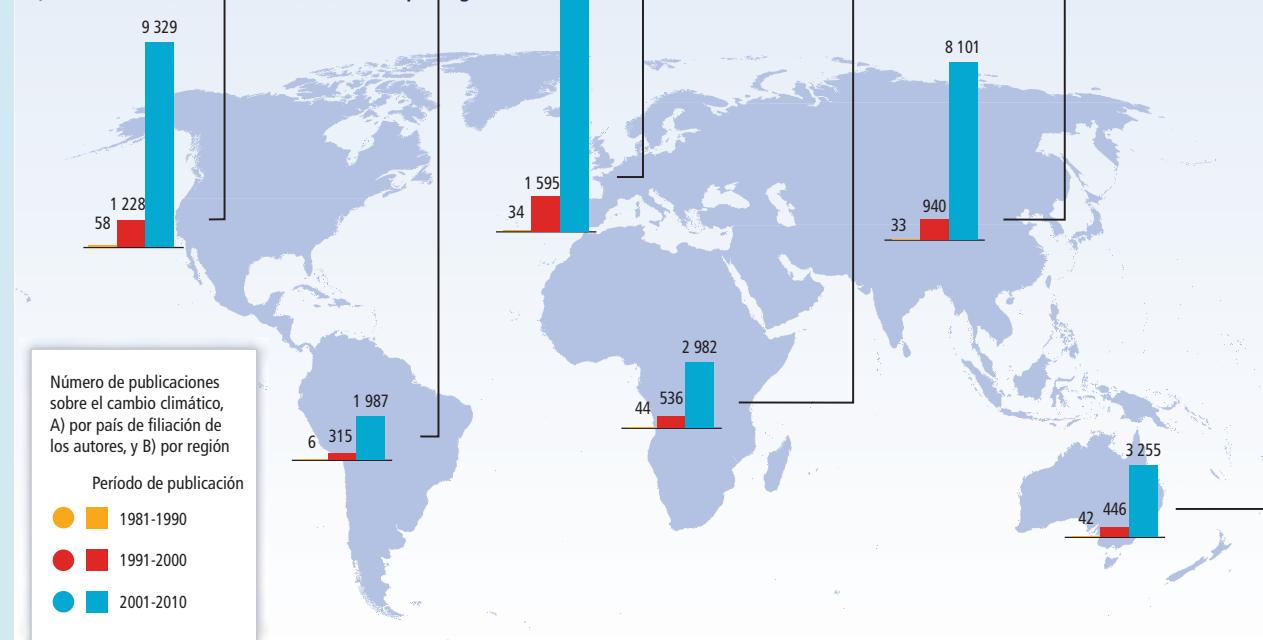
En los últimos dos decenios, el Grupo de trabajo II del IPCC ha elaborado evaluaciones de los impactos del cambio climático, y la adaptación y la vulnerabilidad a él. La contribución de este grupo al Quinto Informe de Evaluación se basa en la contribución del grupo al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, publicado en 2007, y en el *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático* (Informe SREX), publicado en 2012, y sigue la pauta de la contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación (GTI IE5). La contribución GTII IE5 se presenta en dos partes (Parte A: Aspectos globales y sectoriales, y Parte B: Aspectos regionales), lo que refleja la ampliación de la base de publicaciones y el enfoque multidisciplinario, la mayor focalización en los impactos y las respuestas sociales y la cobertura integral continuada a nivel regional. [1.1 a 1.3]

**El número de publicaciones científicas disponibles para evaluar los impactos del cambio climático y la adaptación y la vulnerabilidad a él se han más que duplicado entre 2005 y 2010, siendo especialmente rápido el aumento en el número de publicaciones relativas a la adaptación, lo que ha permitido disponer de una evaluación más sólida en apoyo de la formulación de las políticas (nivel de confianza alto).** La diversidad de los temas y regiones abarcados también se ha ampliado, al igual que lo ha hecho la distribución geográfica de los autores contribuyentes a la base de conocimientos necesaria para realizar las evaluaciones del cambio climático (recuadro RT.1 figura 1). También han aumentado los autores de países en desarrollo de las publicaciones sobre el cambio climático, si bien todavía representan una pequeña fracción del total. La desigual distribución de las publicaciones presenta un desafío a la producción de una evaluación global exhaustiva y equilibrada. [1.1, figura 1-1].

### A) Filación de los autores



### B) Publicaciones sobre el cambio climático, por región



**Recuadro RT.1 figura 1 |** Número de publicaciones sobre el cambio climático contenidas en la base de datos bibliográfica Scopus. A) Número de publicaciones sobre el cambio climático en inglés (en julio de 2011) calculado por la filiación nacional de todos los autores de las publicaciones y desglosado por región. Cada publicación puede estar contabilizada varias veces (esto es, el número de los distintos países en la lista de la filiación de los autores). B) Número de publicaciones sobre el cambio climático en inglés con los distintos países mencionados en el título, el resumen o las palabras clave (en julio de 2011) desglosado por región para las décadas 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010. Cada publicación puede estar contabilizada varias veces si la lista contiene más de un país. [figura 1-1]

Continúa en la página siguiente →

### Recuadro RT.1 (continuación)

**La adaptación ha surgido como una esfera central en la investigación del cambio climático, en la planificación a nivel nacional y en la ejecución de las estrategias del cambio climático (*nivel de confianza alto*).** El cuerpo de la literatura, incluidos los informes del gobierno y del sector privado, muestra una atención creciente en las oportunidades de adaptación y las interrelaciones entre la adaptación, la mitigación y las trayectorias sostenibles alternativas. La literatura muestra un surgimiento de estudios sobre procesos transformativos que aprovechan las sinergias existentes entre la planificación de la adaptación, las estrategias de desarrollo, la protección social y la reducción y gestión de riesgos de desastre. [1.1]

**Como aspecto básico e innovación de la evaluación del IPCC, las principales conclusiones se presentan con un lenguaje definido y calibrado que comunica la solidez de la comprensión científica, incluidas las incertidumbres y las esferas de desacuerdo (recuadro RT.3).** Cada conclusión se apoya en indicaciones que se van presentando paso a paso sobre la evaluación de la evidencia y el nivel de acuerdo. [1.1, recuadro 1-1]

RT

### Recuadro RT.2 | Términos fundamentales para la comprensión del Resumen

Los conceptos centrales definidos en el glosario de GTII IE5 y utilizados a lo largo del informe comprenden los términos que figuran a continuación. Como reflejo del progreso en la ciencia, algunas definiciones difieren en alcance y enfoque de las definiciones utilizadas en el Cuarto Informe de Evaluación y otros informes del IPCC.

**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 períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos 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 antropógenos 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 períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

**Peligro:** 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, ecosistemas y recursos ambientales. En el presente informe, el término *peligro* se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este.

**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.

**Impactos:** Efectos en los sistemas naturales y humanos. En el presente informe, el término *impactos* se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios 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 debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos 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 inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos.

## Recuadro RT.2 (continuación)

**Riesgo:** Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro (véase la figura RT.1). En el presente informe, el término *riesgo* se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático.

**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 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 transformacional:* Adaptación que cambia los atributos fundamentales de un sistema en respuesta al clima y a sus efectos.

**Transformación:** Cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos.

**Resiliencia:** Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

## A: IMPACTOS OBSERVADOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN EN UN MUNDO COMPLEJO Y CAMBIANTE

En la presente sección se presentan los efectos observados del cambio climático, partiendo de la comprensión de la vulnerabilidad, la exposición y los peligros relacionados con el clima como determinantes de los impactos. En la sección se consideran los factores, incluidos los factores de estrés asociados al desarrollo y los no climáticos, que influyen en la vulnerabilidad y la exposición, mediante los cuales se evalúa la sensibilidad de los sistemas al cambio climático. En la sección también se señalan los retos y las opciones basados en la experiencia de adaptación, y se analiza lo que ha motivado las anteriores medidas de adaptación en el contexto del cambio climático y los objetivos amplios. Asimismo se examina el grado de comprensión de la toma de decisiones pertinentes para el cambio climático.

### A-1. Impactos observados, vulnerabilidad y exposición

**En los últimos decenios, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos.** Esta conclusión se fortalece por el mayor número de observaciones y análisis de mayor calidad realizados desde el Cuarto Informe de Evaluación. La evidencia de los impactos del cambio climático es más sólida y completa para los sistemas naturales. Hay impactos en los sistemas humanos que también se han atribuido al cambio climático, con una contribución grande o pequeña del cambio climático distingible de otras influencias tales como factores sociales y económicos cambiantes. En muchas regiones los impactos en

los sistemas naturales y humanos ya se detectan incluso en presencia de importantes factores enmarañadores como la contaminación o el cambio de uso del suelo. Véanse la figura RT.2 y el cuadro RT.1 para obtener un resumen de los impactos observados, que muestran las amplias tendencias presentadas en esta sección. La atribución de los impactos observados en GTII IE5 generalmente vincula las respuestas de los sistemas naturales y humanos al cambio climático observado, con independencia de su causa. Los impactos del cambio climático sobre los que más se ha informado se atribuyen al calentamiento y/o a los cambios en los patrones de precipitación. También es cada vez más clara la evidencia de los impactos de la acidificación del océano. Un número relativamente reducido de consistentes estudios de atribución y metaanálisis han relacionado los impactos en los sistemas físicos y biológicos con el cambio climático antropógeno. [18.1, 18.3 a 18.6]

**Las diferencias en la vulnerabilidad y la exposición se derivan de factores distintos del clima y de desigualdades multidimensionales producidas a menudo por procesos de desarrollo dispares (*nivel de confianza muy alto*).** Esas diferencias hacen que sean diferentes los riesgos derivados del cambio climático. Véanse la figura RT.1 y el recuadro RT.4. La vulnerabilidad y la exposición varían con el tiempo y los contextos geográficos. Los cambios en la pobreza o la situación socioeconómica, la composición étnica, la estructura de edad y la gobernanza han tenido una influencia importante en el resultado de crisis en el pasado asociadas con los peligros relacionados con el clima. [8.2, 9.3, 12.2, 13.1, 13.2, 14.1 a 14.3, 19.2, 19.6, 26.8, recuadro CC-GC]

**Los impactos de los recientes fenómenos extremos conexos al clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios**

### Recuadro RT.3 | Comunicación del grado de incertidumbre en las conclusiones de la evaluación

Con base en la nota de orientación para los autores principales del Quinto Informe de Evaluación del IPCC sobre el tratamiento coherente de las incertidumbres, la contribución del Grupo de Trabajo II se basa en dos indicadores para comunicar el grado de certeza de las principales conclusiones, a saber:

- La confianza en la validez de una conclusión basada en el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la evidencia (p. ej., los datos, la comprensión mecánica, la teoría, los modelos y el juicio experto) y el nivel de acuerdo. La confianza se expresa de forma cualitativa.
- Las mediciones cuantificadas de la incertidumbre de una conclusión expresada de forma probabilística (según el análisis estadístico de las observaciones o los resultados de modelos, o ambos, y el juicio experto).

Cada una de las conclusiones se basa en la evaluación de la evidencia y el acuerdo conexos. Para describir la evidencia existente se emplean los términos explicativos *limitada*, *media* o *sólida*, mientras que para definir el nivel de acuerdo, se utilizan los términos *bajo*, *medio* o *alto*. Dichos términos se presentan con algunas conclusiones principales. En muchos casos, los autores de la evaluación además evalúan cuál es su confianza en la validez de una conclusión, proporcionando así una síntesis de la evaluación de la evidencia y el nivel de acuerdo. El nivel de confianza se expresa mediante el empleo de cinco calificativos: *muy bajo*, *bajo*, *medio*, *alto* y *muy alto*. En la figura 1 del recuadro RT.3 se muestra la relación flexible existente entre los términos concisos utilizados para la evidencia y el nivel de acuerdo y los indicadores de confianza. A una evidencia y un enunciado de acuerdo determinados se les pueden asignar niveles de confianza distintos, pero un nivel de evidencia y de acuerdo mayores se corresponden con una mayor confianza.

Cuando los autores de la evaluación evalúan la probabilidad o algún resultado bien definido que haya ocurrido o vaya a ocurrir en el futuro, una conclusión puede incluir términos de probabilidad (véase más adelante) o una presentación más precisa de la probabilidad. El uso de la probabilidad no es una alternativa al uso del nivel de confianza. A menos que se indique otra cosa, las conclusiones a las que se ha asignado un término de probabilidad están asociadas con un nivel de confianza *alto* o *muy alto*.



**Recuadro RT.3 figura 1 |** Representación del enunciado de la evidencia y del nivel de acuerdo y su relación con la confianza. La confianza aumenta hacia la esquina superior derecha como sugiere el aumento de la intensidad del sombreado. En general la evidencia es más fiable cuando hay múltiples líneas coherentes e independientes de evidencia de alta calidad. [figura 1.3]

Término	Probabilidad del resultado
<i>Prácticamente seguro</i>	Probabilidad del 99-100%
<i>Sumamente probable</i>	Probabilidad del 95-100%
<i>Muy probable</i>	Probabilidad del 90-100%
<i>Probable</i>	Probabilidad del 66-100%
<i>Más probable que improbable</i>	Probabilidad > 50-100%
<i>Tan probable como improbable</i>	Probabilidad del 33-66%
<i>Improbable</i>	Probabilidad del 0-33%
<i>Muy improbable</i>	Probabilidad del 0-10%
<i>Sumamente improbable</i>	Probabilidad del 0-5%
<i>Extraordinariamente improbable</i>	Probabilidad del 0-1%;

Si procede, las conclusiones también se expresan en forma de afirmaciones de hechos sin utilizar calificadores de incertidumbre.

Dentro de los párrafos de este resumen, los términos que expresan la confianza, la evidencia y el nivel de acuerdo dados para una conclusión principal se aplican a las afirmaciones posteriores del mismo párrafo, a menos que se indiquen otros términos.

[1.1, recuadro 1-1]

forestales, ponen de relieve una importante vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática (*nivel de confianza muy alto*).

Entre los impactos de esos fenómenos extremos conexos al clima figuran la alteración de ecosistemas, la desorganización de la producción de alimentos y el suministro de agua, daños a la infraestructura y los asentamientos, morbilidad y mortalidad, y consecuencias para la salud mental y el bienestar humano. Para los países, independientemente de su nivel de desarrollo, esos impactos están en consonancia con una importante falta de preparación para la actual variabilidad climática en algunos sectores. Los ejemplos que siguen muestran impactos de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos ocurridos en los distintos contextos regionales:

- En África, los episodios meteorológicos y climáticos extremos, incluidas las sequías e inundaciones, tienen importantes impactos en los sectores económicos, los recursos naturales, los ecosistemas, los medios de subsistencia y la salud humana. Las crecidas del río Zambeze en Mozambique en 2008, por ejemplo, provocaron el desplazamiento de 90 000 personas, y a lo largo del valle del río Zambeze, donde aproximadamente 1 millón de personas viven en las zonas afectadas por las crecidas, el desplazamiento temporal está adquiriendo características permanentes. [22.3, 22.4, 22.6]

- Las recientes inundaciones ocurridas en Australia y Nueva Zelanda causaron daños graves a la infraestructura y los asentamientos; solo en Queensland hubo 35 víctimas mortales (2011). La ola de calor de Victoria (2009) hizo que aumentara la morbilidad conexas al calor y se relacionaron con ella más de 300 víctimas mortales por encima de lo habitual, al tiempo que los intensos incendios de maleza destruyeron más de 2 000 edificios y provocaron 173 muertes. La sequía generalizada en el sureste de Australia (1997-2009) y en muchas partes de Nueva Zelanda (2007-2009, 2012-2013) provocó pérdidas económicas (p. ej., el producto interior bruto regional en la parte sur de la cuenca Murray-Darling fue inferior a las previsiones en alrededor del 5,7% en 2007-2008, y en Nueva Zelanda se perdieron unos 3 600 millones de dólares neozelandeses en producción directa y producción no agrícola en 2007-2009). [13.2, 25.6, 25.8, cuadro 25-1, cuadros 25-5, 25-6 y 25-8]
- En Europa, los fenómenos meteorológicos extremos actualmente tienen impactos significativos en varios sectores económicos así como efectos sociales y de salud adversos (*nivel de confianza alto*). [cuadro 23-1]

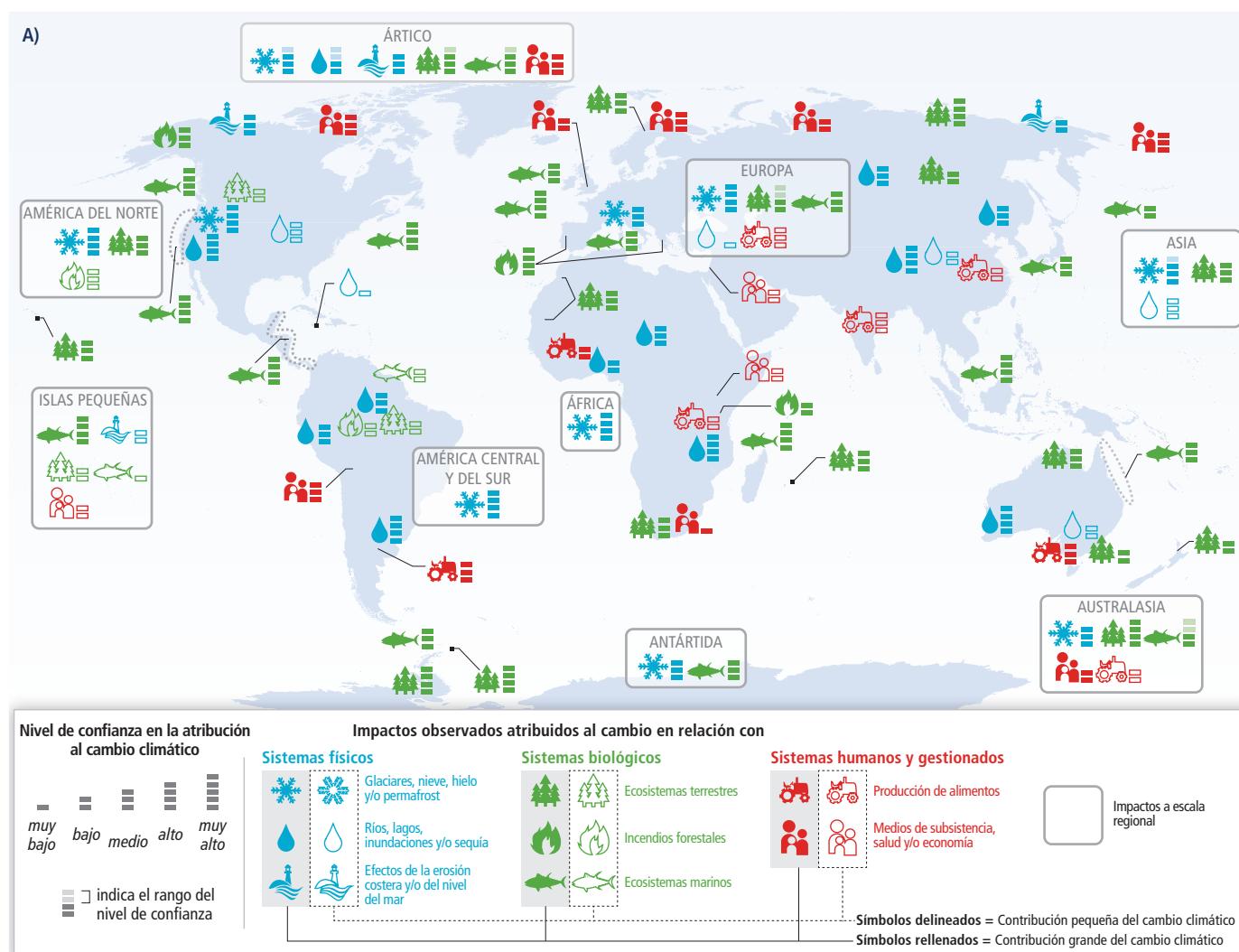
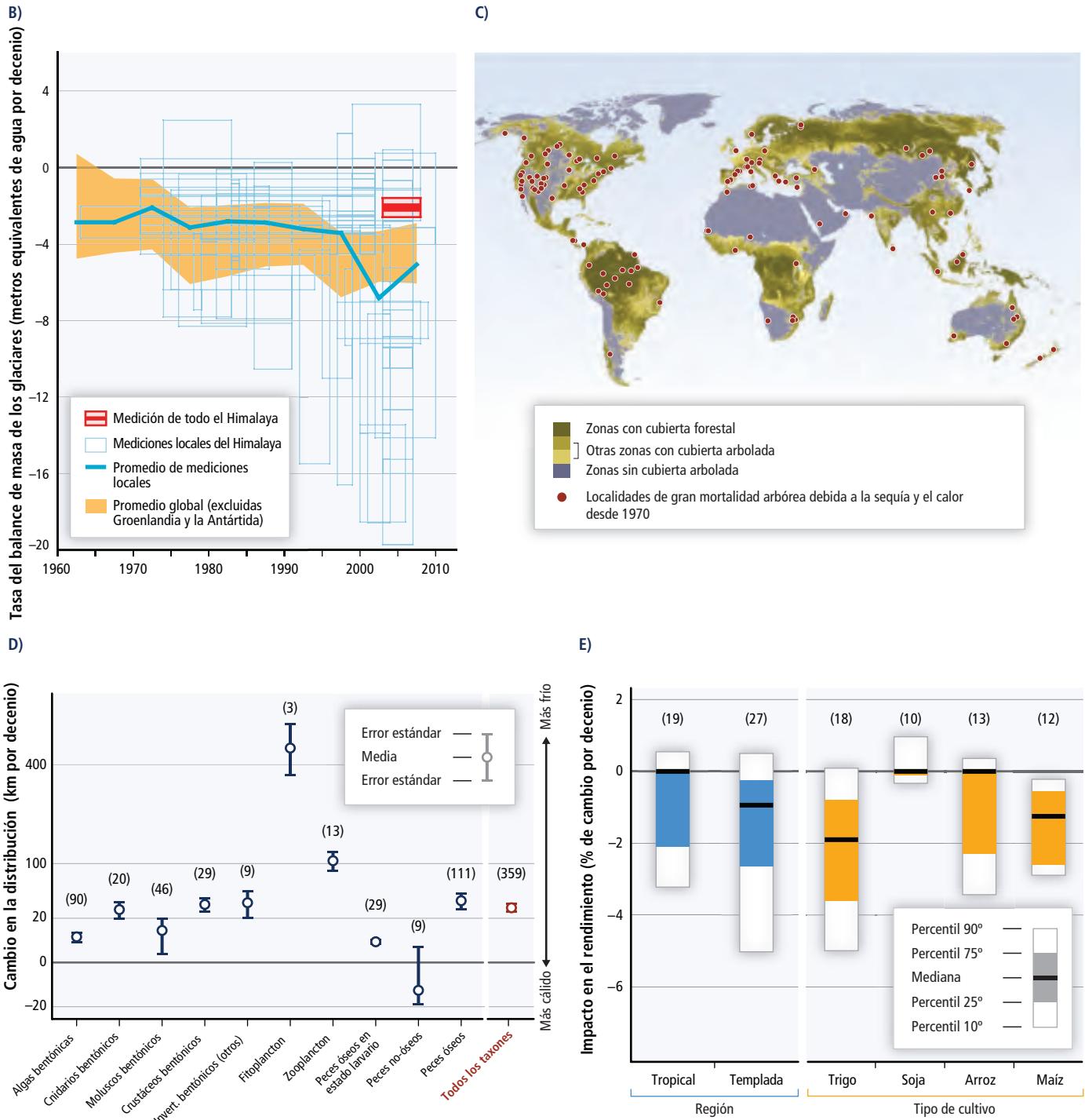


Figura RT.1 (continuación)



**Figura RT.2 |** Impactos generalizados en un mundo cambiante. A) Patrones globales de los impactos en los últimos decenios atribuidos al cambio climático, basados en los estudios realizados desde el Cuarto Informe de Evaluación. Los impactos se muestran en una serie de escalas geográficas. Los símbolos indican categorías de impactos atribuidos, la relativa contribución del cambio climático (grande o pequeña) al impacto observado y el nivel de confianza en la atribución. Para consultar las descripciones de los impactos, véase el cuadro RT.1. B) Cambios en la masa de los glaciares a partir de todas las mediciones publicadas para los glaciares del Himalaya. Los valores negativos indican la pérdida de masa glaciar. Las mediciones locales se refieren principalmente a pequeños glaciares accesibles del Himalaya. El recuadro azul correspondiente a cada medición local del Himalaya se centra verticalmente en su promedio, y tiene una altura de  $\pm 1$  desviación típica para las mediciones anuales y una altura de  $\pm 1$  error estándar para las mediciones plurianuales. La medición de todo el Himalaya (rojo) se realizó por altimetría láser satelital. Como referencia, también se muestran las estimaciones del promedio del cambio de masa glaciar global que figuran en la sección 4.3 de GTI IE5, donde el sombreado de color indica  $\pm 1$  desviación típica. C) Localidades con una considerable mortalidad de árboles debida a la sequía y el calor en todo el mundo en el período 1970-2011. D) Promedio de las tasas de cambio en la distribución (km por decenio) para grupos taxonómicos marinos basados en observaciones en el período 1900-2010. Los cambios en la distribución positivos son congruentes con el calentamiento (al pasar hacia aguas anteriormente más frías, generalmente en dirección a los polos). El número de respuestas analizadas se da entre paréntesis para cada categoría. E) Resumen de los impactos estimados de los cambios climáticos observados en relación con los rendimientos en el período 1960-2013 para cuatro cultivos importantes en regiones templadas y tropicales, con el número de puntos de datos analizados entre paréntesis para cada categoría. [figuras 3-3, 4-7, 7-2, 18-3 y BM-2]

- En América del Norte, la mayoría de los sectores económicos y sistemas humanos se han visto afectados y han respondido ante las manifestaciones meteorológicas extremas, como los huracanes, las inundaciones y las lluvias intensas (*nivel de confianza alto*). Los episodios de calor extremo actualmente producen aumentos en la mortalidad y morbilidad (*nivel de confianza muy alto*), con impactos que varían en función de la edad, la ubicación y los factores socioeconómicos de las personas (*nivel de confianza alto*). Los sucesos de tormentas costeras extremas han causado mayor mortalidad y morbilidad, especialmente en la costa este de Estados Unidos y la costa del golfo de la parte de México y de Estados Unidos. Mucha de la infraestructura de América del Norte actualmente es vulnerable a los fenómenos meteorológicos extremos (*nivel de confianza medio*), concretamente su infraestructura para los recursos hídricos

y el transporte se está deteriorando y es particularmente vulnerable (*nivel de confianza alto*). [26.6, 26.7, figura 26-2]

- En el Ártico, los fenómenos meteorológicos extremos han tenido efectos adversos directos e indirectos en la salud para los residentes (*nivel de confianza alto*). [28.2]

## Recursos de agua dulce

**En muchas regiones, las cambiantes precipitaciones o el derretimiento de nieve y hielo están alterando los sistemas hidrológicos, lo que afecta a los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad (*nivel de confianza medio*).** Los glaciares siguen retrocediendo prácticamente por todo el planeta debido al cambio climático (*nivel de confianza medio*).

**Cuadro RT.1** | Impactos observados atribuidos al cambio climático que figuran en las publicaciones científicas desde el Cuarto Informe de Evaluación. Esos impactos se han atribuido al cambio climático con un nivel de confianza *muy bajo*, *bajo*, *medio*, o *alto*, y la contribución relativa del cambio climático (grande o pequeña) al cambio observado se indica en el caso de los sistemas naturales y humanos de las ocho regiones principales del mundo en los últimos decenios. [cuadros 18-5 a 18-9] El hecho de que en el cuadro no figuren otros impactos atribuidos al cambio climático no significa que no se hayan producido.

África	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retroceso de los glaciares de montaña tropicales en África oriental (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reducción en la descarga en los ríos de África occidental (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Calentamiento de la superficie de los lagos y aumento de la estratificación de la columna de agua en los Grandes Lagos y el lago Kariba (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del déficit de humedad del suelo en el Sahel desde 1970, parcialmente condiciones más húmedas desde 1990 (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[22.2, 22.3, cuadros 18-5, 18-6 y 22-3]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la densidad arbórea en la zona occidental del Sahel y la región semiárida de Marruecos, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desplazamiento de las áreas de distribución de varias plantas y animales del sur, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de los incendios forestales en el monte Kilimanjaro (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[22.3, cuadros 18-7 y 22-3]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de los arrecifes de coral en aguas tropicales de África, más allá de la disminución debida a los impactos del ser humano (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[Cuadro 18-8]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respuestas adaptativas a las variaciones de la precipitación por parte de los agricultores de Sudáfrica, más allá de los cambios debidos a las condiciones económicas (<i>nivel de confianza muy bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución de los árboles frutales en el Sahel (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la malaria en las tierras altas de Kenia, más allá de los cambios debidos a las vacunas, la resistencia a los medicamentos, la demografía y los medios de subsistencia (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Reducción de la productividad pesquera en los Grandes Lagos y el lago Kariba, más allá de los cambios debidos a la ordenación pesquera y al uso del suelo (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[7.2, 11.5, 13.2, 22.3, cuadro 18-9]</p>
Europa	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retroceso de los glaciares alpinos, escandinavos e islandeses (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de las fracturas en los taludes de roca de la zona occidental de los Alpes (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambios en el momento en que ocurren las descargas y las inundaciones extremas fluviales (<i>nivel de confianza muy bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[18.3, 23.2, 23.3, cuadros 18-5 y 18-6; GTI IE5 4.3]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adelanto del reverdecimiento, el brote de las hojas y la fructificación en los árboles de regiones templadas y boreales (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la colonización de especies vegetales alóctonas en Europa, más allá de una determinada invasión de base (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Anticipación de la llegada de las aves migratorias en Europa desde 1970 (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desplazamiento ascendente del límite arbóreo en Europa, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de las zonas forestales quemadas en los últimos decenios en Portugal y Grecia, más allá de los aumentos debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[4.3, 18.3, cuadros 18-7 y 23-6]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplazamiento hacia el norte en la distribución del zooplancton, los peces, las aves marinas y los invertebrados bentónicos en el noreste del Atlántico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desplazamiento hacia el norte y a mayor profundidad en la distribución de muchas especies de peces de los mares europeos (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambios en la fenología del plancton en el noreste del Atlántico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Expansión de las especies de agua templada en el Mediterráneo, más allá de los cambios debidos a los impactos de las especies invasoras y el ser humano (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[6.3, 23.6, 30.5, cuadros 6-2 y 18-8, recuadros 6-1 y CC-BM]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio de una mortalidad relacionada con el frío a una mortalidad relacionada con el calor en Inglaterra y Gales, más allá de los cambios debidos a la exposición y la atención sanitaria (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Impactos en los medios de subsistencia de los sami en el norte de Europa, más allá de los efectos de los cambios económicos y sociopolíticos (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Estancamiento del rendimiento del trigo en algunos países en los últimos decenios, a pesar de la mejora de la tecnología (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Impactos positivos en el rendimiento de algunos cultivos, principalmente en el norte de Europa, más allá del aumento por la mejora de la tecnología (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Expansión del virus de la fiebre catarral ovina o lengua azul y de las garrapatas en determinadas partes de Europa (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[18.4, 23.4, 23.5, cuadro 18-9, figura 7-2]</p>

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RT.1 (continuación)

Asia	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Degradación del permafrost en Siberia, Asia Central y la meseta tibetana (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Retroceso de los glaciares de montaña en la mayor parte de Asia (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Variación de la disponibilidad de agua en muchos ríos de China, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Mayor caudal de varios ríos debido al retroceso de los glaciares (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Adelanto de las crecidas primaverales máximas en los ríos de Rusia (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Menor humedad del suelo en el norte central y en el noreste de China (1950-2006) (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Degrado del agua de la superficie en determinadas partes de Asia, más allá de los cambios debidos al uso del suelo (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[24.3, 24.4, 28.2, cuadros 18-5, 18-6, y SM24-4, recuadro 3-1; GTI IES 4.3, 10.5]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en la fenología y el crecimiento de las plantas en muchas partes de Asia (adelanto de la fase vegetativa), en particular en el norte y el este (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desplazamiento hacia mayor altitud o hacia el polo en la distribución de muchas especies vegetales y animales, en particular en el norte de Asia (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Invasión de bosques de alerce siberiano por pinos y piceas durante los últimos decenios (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Expansión de los arbustos en la sabana siberiana (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[4.3, 24.4, 28.2, cuadro 18-7, figura 4-4]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de los arrecifes de coral en las aguas tropicales de Asia, más allá de la disminución debida a los impactos del ser humano (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Extensión hacia el norte en la distribución de los corales del mar de China Oriental y el Pacífico Occidental, y de una especie de pez depredador en el mar de Japón (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambio de las sardinas a las anchovetas en el Pacífico Norte occidental, más allá de las fluctuaciones debidas a la pesca (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la erosión costera en la zona ártica de Asia (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[6.3, 24.4, 30.5, cuadros 6-2 y 18-8]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en los medios de subsistencia de grupos indígenas de la zona ártica de Rusia, más allá de los cambios económicos y sociopolíticos (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Impactos negativos en los rendimientos acumulados del trigo en el sur de Asia, más allá del aumento debido a la mejora de la tecnología (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Impactos negativos en los rendimientos acumulados del trigo y el maíz en China, más allá del aumento debido a la mejora de la tecnología (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Aumento de las enfermedades transmitidas por el agua en Israel (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[7.2, 13.2, 18.4, 28.2, cuadros 18-4 y 18-9, figura 7-2]</p>
Australasia	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción significativa del espesor de las nevadas tardías en 3 de cada 4 sitios alpinos de Australia (1957-2002) (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución sustancial del volumen de hielo y de hielo de los glaciares en Nueva Zelanda (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Intensificación de las sequías hidrológicas debido al calentamiento regional en el sureste de Australia (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Reducción de la afluencia a los sistemas fluviales del suroeste de Australia (desde mediados de la década de 1970) (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[25.5, cuadros 18-5, 18-6, y 25-1; GTI IES 4.3]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en la genética, el crecimiento, la distribución y la fenología de muchas especies, en particular aves, mariposas y plantas en Australia, más allá de las fluctuaciones debidas a los climas locales variables, el uso del suelo, la contaminación y las especies invasoras (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Expansión de determinados humedales y contracción de tierras arboladas adyacentes en el sureste de Australia (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Expansión del bosque pluvial monzónico a expensas de la sabana y los pastos herbáceos del noreste de Australia (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Anticipo de varias semanas en la migración de las anguilas en el río Waikato, Nueva Zelanda (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[cuadros 18-7 y 25-3]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplazamiento hacia el sur en la distribución de especies marinas cerca de Australia, más allá de los cambios debidos a las fluctuaciones ambientales a corto plazo, la pesca y la contaminación (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Modificación del calendario de la migración de las aves marinas en Australia (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la decoración de corales en la Gran Barrera de Coral y los arrecifes de Australia occidental, más allá de los efectos de la contaminación y las perturbaciones físicas (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Modificación de los patrones de distribución de las enfermedades del coral en la Gran Barrera de Coral, más allá de los efectos de la contaminación (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[6.3, 25.6, cuadros 18-8 y 25-3]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adelanto de la maduración de la uva en los últimos decenios, más allá del adelanto debido a la mejora de la gestión (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambio en la relación de mortalidad humana invierno/verano, más allá de cambios debidos a la exposición y la atención sanitaria (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reubicación o diversificación de las actividades agrícolas en Australia, más allá de los cambios debidos a las políticas, los mercados y la variabilidad del clima a corto plazo (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[11.4, 18.4, 25.7, 25.8, cuadros 18-9 y 25-3, recuadro 25-5]</p>
América del Norte	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retroceso de los glaciares en las regiones occidentales y septentrionales de América del Norte (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución de la cantidad de agua del banco de nieve primaveral en la zona occidental de América del Norte (1960-2002) (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambio hacia una anticipación del momento de caudal máximo de los ríos en cuyo caudal domina el aporte de nieve en la zona occidental de América del Norte (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de las escorrentías en el noreste y el medio oeste de Estados Unidos (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[cuadros 18-5 y 18-6; GTI IES 2.6, 4.3]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en la fenología y el desplazamiento hacia mayor altitud y hacia el norte en la distribución de varios taxones (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la frecuencia de incendios forestales en bosques de coníferas subárticas y en la tundra (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento regional de la mortalidad de los áboles y plagas de insectos en los bosques (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Aumento de los incendios forestales, la frecuencia y duración de los incendios y las zonas quemadas de los bosques de la zona occidental de Estados Unidos y los bosques boreales de Canadá, más allá de los cambios debidos al uso del suelo y la gestión de incendios (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[26.4, 28.2, cuadro 18-7, recuadro 26-2]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desplazamiento hacia el norte en la distribución de especies de peces (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambios en los lechos de mejillones de la costa oeste de Estados Unidos (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambio en la migración y la supervivencia del salmón en el noreste del Pacífico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la erosión costera en Alaska y Canadá (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[18.3, 30.5, cuadros 6-2 y 18-8]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en los medios de subsistencia de grupos indígenas en la zona ártica de Canadá, más allá de los efectos de los cambios económicos y sociopolíticos (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[18.4, 28.2, cuadros 18-4 y 18-9]</p>

Continúa en la página siguiente →

## Cuadro RT.1 (continuación)

América Central y del Sur	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retroceso de los glaciares andinos (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Cambios en los caudales extremos del río Amazonas (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Modificación de los patrones de descarga en los ríos en la región occidental de los Andes (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del flujo fluvial en las subcuencas del río de La Plata, más allá del aumento debido al cambio de uso del suelo (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[27.3, cuadros 18-5, 18-6 y 27-3; GTI IE5 4.3]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la mortalidad de los árboles y de los incendios forestales en la Amazonia (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Degradoación del bosque pluvial y recesión en la Amazonia, más allá de las tendencias de base de la deforestación y degradación de las tierras (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[4.3, 18.3, 27.2-3, cuadro 18-7]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la decoloración de corales en la zona occidental del Caribe, más allá de los efectos de la contaminación y las perturbaciones físicas (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Degradoación de manglares en la costa norte de América del Sur, más allá de la degradación debida a la contaminación y al uso del suelo (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[27.3, cuadro 18-8]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor vulnerabilidad de las trayectorias de los medios de subsistencia de los agricultores indígenas Aymara en Bolivia debido a la escasez de agua, más allá de los efectos de la creciente tensión social y económica (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de los rendimientos agrícolas y expansión de las zonas agrícolas en la zona suroriental de América del Sur, más allá del aumento debido a la mejora de la tecnología (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[13.1, 27.3, cuadro 18-9]</p>
Regiones polares	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la capa de hielo marino del Ártico en verano (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reducción del volumen de hielo de los glaciares del Ártico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución de la extensión del manto nival en el Ártico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Degradoación generalizada del permafrost, en especial en la zona meridional del Ártico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Pérdida de masa de hielo en la costa de la Antártida (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del caudal de descarga de los grandes ríos circumpolares (1997-2007) (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del caudal fluvial mínimo en invierno en la mayor parte del Ártico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de las temperaturas del agua de los lagos en 1985-2009 y ampliación de las estaciones sin hielo (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Desaparición de los lagos de termokarst debido a la degradación del permafrost en el sur del Ártico. Aparición de nuevos lagos en zonas donde antes había turba congelada (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[28.2, cuadros 18-5 y 18-6; GTI IE5 4.2-4, 4.6, 10.5]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la cubierta arbustiva de la tundra en América del Norte y Eurasia (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Avance de la línea arbórea del Ártico en latitud y altitud (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Modificación de la zona de cría y del tamaño de la población de aves subárticas, debido a la reducción del banco de nieve y/o la invasión de los arbustos de la tundra (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Pérdida de ecosistemas de bancos de nieve y tundra (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Impactos en los animales de la tundra del aumento de las capas de hielo en el banco de nieve, tras episodios de lluvia sobre la nieve (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del área de distribución de especies vegetales en la región occidental de la Península Antártica y en las islas cercanas en los últimos 50 años (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento de la productividad del fitopláncton en las aguas del lago de la Isla Signy (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[28.2, cuadro 18-7]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la erosión costera del Ártico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Efectos negativos sobre las especies no migratorias del Ártico (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Menor éxito reproductivo de las aves marinas del Ártico (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Disminución de focas y aves marinas en el océano Austral (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reducción del espesor de la concha de los foraminíferos en los océanos meridionales, debido a la acidificación del océano (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Reducción de la densidad del krill en el mar de Escocia (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[6.3, 18.3, 28.2, 28.3, cuadro 18-8]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impactos en los medios de subsistencia de los pueblos indígenas del Ártico, más allá de los efectos de los cambios económicos y sociopolíticos (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Aumento del tráfico de buques en el estrecho de Bering (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> </ul> <p>[18.4, 28.2, cuadros 18-4 y 18-9, figura 28-4]</p>
Islas pequeñas	
Nieve y hielo, ríos y lagos, inundaciones y sequía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la escasez de agua en Jamaica, más allá del aumento debido al uso del agua (<i>nivel de confianza muy bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[cuadro 18-6]</p>
Ecosistemas terrestres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios en las poblaciones de aves tropicales en Mauricio (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Declive de una planta endémica en Hawái (<i>nivel de confianza medio</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Tendencia ascendente en las líneas arbóreas y la fauna conexa en islas con mucha altitud (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[29.3, cuadro 18-7]</p>
Erosión costera y ecosistemas marinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la decoloración de los corales cerca de muchas pequeñas islas tropicales, más allá de los efectos de la degradación debida a la pesca y la contaminación (<i>nivel de confianza alto</i>, contribución grande del cambio climático)</li> <li>Degradoación de manglares, humedales y pastos marinos alrededor de islas pequeñas, más allá de la degradación debida a otras perturbaciones (<i>nivel de confianza muy bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Aumento de las inundaciones y la erosión, más allá de la erosión ocasionada por las actividades humanas, la erosión natural y el aterramiento (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> <li>Degradoación de los ecosistemas de aguas subterráneas y de agua dulce debida a la intrusión salina, más allá de la degradación debida a la contaminación y la extracción de aguas subterráneas (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[29.3, cuadro 18-8]</p>
Producción de alimentos y medios de subsistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la degradación de la pesca costera debido a los efectos directos y los efectos del aumento en la decoloración del arrecife de coral, más allá de la degradación debida a la sobreexplotación pesquera y la contaminación (<i>nivel de confianza bajo</i>, contribución pequeña del cambio climático)</li> </ul> <p>[18.3, 18.4, 29.3, 30.6, cuadro 18-9, recuadro CC-AC]</p>

*confianza alto*) (p. ej., figura RT.2B), lo que afecta a la escorrentía y los recursos hídricos aguas abajo (nivel de confianza medio). El cambio climático está causando el calentamiento del permafrost y el deshielo en las regiones de altas latitudes y en las regiones elevadas (*nivel de confianza alto*). No hay ninguna evidencia de que la frecuencia de sequías de agua superficial y agua subterránea haya cambiado en los últimos decenios, si bien los impactos de las sequías han aumentado debido principalmente a la mayor demanda de agua. [3.2, 4.3, 18.3, 18.5, 24.4, 25.5, 26.2, 28.2, cuadros 3-1 y 25-1, figuras 18-2 y 26-1]

#### Ecosistemas terrestres y de agua dulce

**Muchas especies terrestres y dulceacuícolas vegetales y animales han modificado sus áreas de distribución geográfica y sus actividades estacionales y han alterado su abundancia en respuesta al cambio climático observado en los últimos decenios, y actualmente se están comportando así en muchas regiones (*nivel de confianza alto*).** La mayor mortalidad arbórea, observada en muchas partes del mundo, se ha atribuido en algunas regiones al cambio climático (figura RT.2C). Los aumentos en la frecuencia o intensidad de las perturbaciones en los ecosistemas, como las sequías, tormentas de viento, incendios y brotes de plagas se han detectado en muchas partes del mundo y en algunos casos se atribuyen al cambio climático (*nivel de confianza medio*). Si bien el cambio climático reciente ha contribuido a la extinción de algunas especies de anfibios de América Central (*nivel de confianza medio*), las extinciones más recientes observadas de especies terrestres no se han atribuido al cambio climático (*nivel de confianza alto*). [4.2, 4.4, 18.3, 18.5, 22.3, 25.6, 26.4, 28.2, figura 4-10, recuadros 4-2, 4-3, 4-4 y 25-3]

#### Sistemas costeros y zonas de baja altitud

**Los sistemas costeros son especialmente sensibles a las variaciones en el nivel del mar y la temperatura del océano así como a la acidificación del océano (*nivel de confianza muy alto*).** La decoloración coralina y los cambios en el área de distribución de las especies se han atribuido a cambios en la temperatura del océano. En lo que respecta a muchos otros cambios costeros, los impactos del cambio climático son difíciles de identificar puesto que influyen otros factores relacionados con el ser humano (p. ej. cambio de uso del suelo, desarrollo costero o contaminación) (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [5.3 a 5.5, 18.3, 25.6, 26.4, recuadro 25-3]

#### Sistemas marinos

**El calentamiento ha causado y continuará causando modificaciones en la abundancia, distribución geográfica, patrones migratorios y calendario de actividades estacionales de las especies marinas (*nivel de confianza muy alto*), de forma paralela a la reducción en los tamaños corporales máximos (*nivel de confianza medio*).** Esto ha provocado y seguirá provocando cambios en las interacciones entre las especies, incluidas las dinámicas de competencia y depredador-presa (*nivel de confianza alto*). Numerosas observaciones en los últimos decenios en todas las cuencas oceánicas muestran cambios a escala global, entre ellos cambios en la distribución

de especies a gran escala (*nivel de confianza muy alto*) y alteración en la composición de los ecosistemas (*nivel de confianza alto*) en escalas temporales pluridecenales, al hacer un seguimiento de las tendencias climáticas. Muchas especies de peces, invertebrados y fitoplancton han modificado su área de distribución y/o su abundancia dirigiéndose hacia los polos y/o hacia aguas más frías y profundas (figura RT.2D). Algunos corales de aguas cálidas y sus arrecifes han respondido al calentamiento mediante la sustitución de especies, la decoloración y la disminución de la cubierta coralina, originando una pérdida de hábitat. Hasta la fecha son pocas las observaciones de campo que demuestran que las respuestas biológicas son atribuibles a la acidificación antropógena del océano, dado que en muchos lugares esas respuestas todavía no están fuera de su variabilidad natural y pueden verse influidas por factores enmarañadores locales o regionales. Véase también el recuadro RT.7. El cambio climático natural global que se produce a ritmos más lentos que el actual cambio climático antropógeno en los últimos millones de años ha causado importantes cambios ecosistémicos, incluidos surgimientos y extinciones de especies. [5.4, 6.1, 6.3 a 6.5, 18.3, 18.5, 22.3, 25.6, 26.4, 30.4, 30.5, recuadros 25-3, CC-AO, CC-AC y CC-BM]

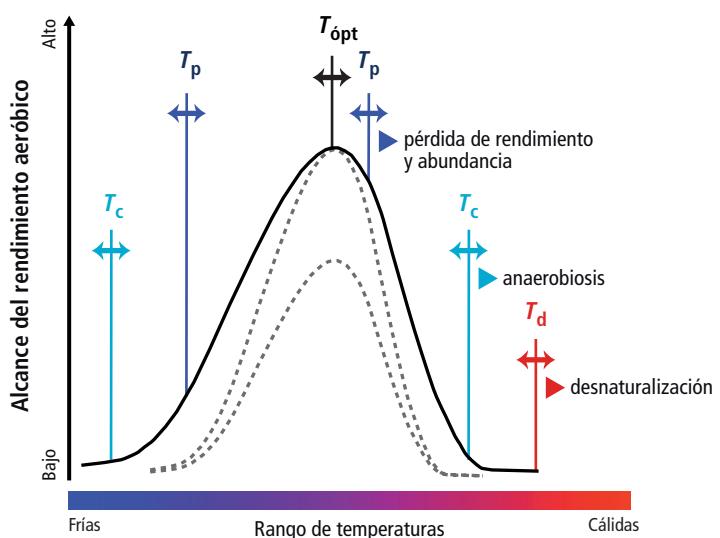
**La vulnerabilidad de la mayoría de los organismos marinos al calentamiento está establecida en su fisiología, que define sus limitados rangos de temperatura y por tanto su sensibilidad térmica (*nivel de confianza alto*).** Véase la figura RT.3. La temperatura define la distribución geográfica de muchas especies y sus respuestas al cambio climático. Las modificaciones en las temperaturas medias y extremas alteran el hábitat (p. ej., el hielo marino y el hábitat costero) y causan cambios en las abundancias de especies debido a extinciones locales de especies y expansiones o traslados en las distribuciones latitudinales que pueden llegar a ser de hasta cientos de kilómetros por decenio (*nivel de confianza muy alto*). Aunque se produce adaptación genética (*nivel de confianza medio*), la capacidad de la flora y fauna para compensar o mantener el ritmo del continuo cambio térmico es limitada (*nivel de confianza bajo*). [6.3, 6.5, 30.5]

**Las zonas con niveles mínimos de oxígeno cada vez son más extensas en la parte tropical de los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, debido a las reducidas ventilación y solubilidad del O<sub>2</sub> en los océanos, que están más estratificados a temperaturas más altas (*nivel de confianza alto*).** En combinación con las actividades humanas que hacen que aumente la productividad de los sistemas costeros, las zonas hipóxicas ("zonas muertas") están aumentando en número y tamaño. La exacerbación regional de la hipoxia provoca modificaciones en la biota tolerante a la hipoxia y reducciones del hábitat para especies de interés comercial, con consecuencias para la pesca. [6.1, 6.3, 30.3, 30.5, 30.6; GTI IE5 3.8]

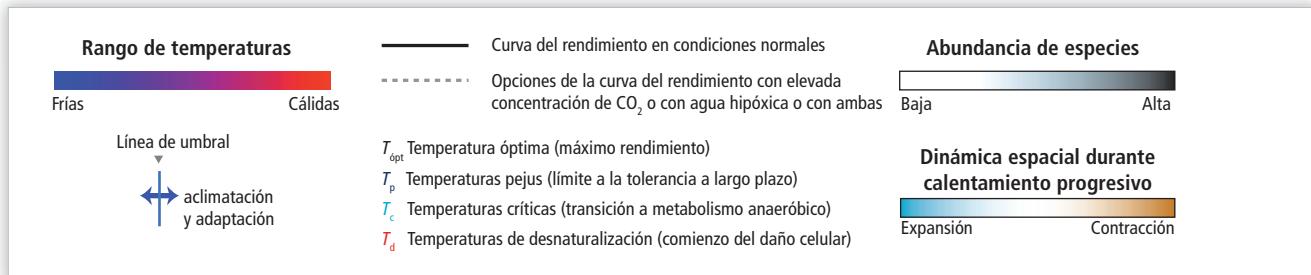
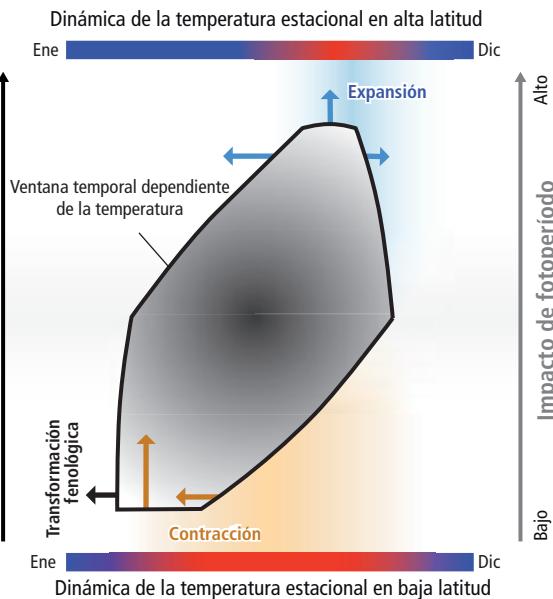
#### Seguridad alimentaria y sistemas de producción de alimentos

**Sobre la base de muchos estudios que abarcan un amplio espectro de regiones y cultivos, los impactos negativos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos han sido más comunes que los impactos positivos (*nivel de confianza alto*).** El menor número de estudios que muestran impactos positivos tratan principalmente de regiones de altas latitudes, aunque aún no está claro si el saldo de los impactos ha sido negativo o positivo en esas regiones. El cambio climático ha afectado negativamente al rendimiento del trigo

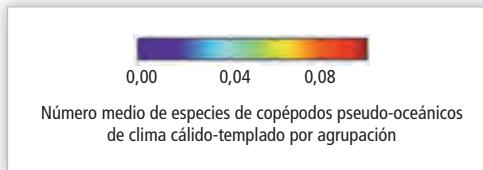
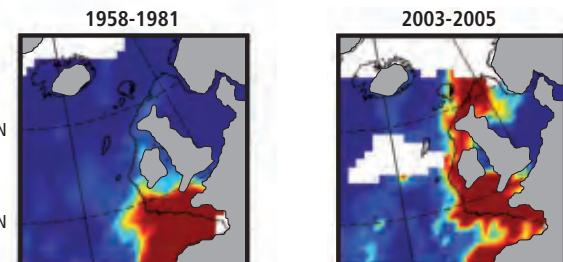
## A) Ventanas térmicas para animales: límites y aclimatación



## B) Dinámica espacial durante un calentamiento progresivo



(C)



**Figura RT.3 |** La especialización térmica de las especies (A), que está influida por otros factores como el oxígeno, causa cambios en la distribución generados por el calentamiento (B); por ejemplo, la expansión hacia el norte de especies de climas cálidos-templados en el noreste del Atlántico (C). Dichos cambios de distribución dependen de la fisiología y la ecología específicas de cada especie. A continuación figura la introducción detallada de cada gráfico: A) El rango de tolerancia térmica y los niveles de rendimiento de un organismo se describen mediante su curva de rendimiento. Cada variable de rendimiento (p. ej., ejercicio, crecimiento o reproducción) es máxima en su temperatura óptima ( $T_{\text{ópt}}$ ) y menor a temperaturas más frías o más cálidas. El hecho de sobrepasar los umbrales de temperatura ( $T_p$ ) significa que se entra en tolerancia limitada en el tiempo, y los cambios de temperatura más extremos conducen a un sobrepaso de los umbrales que causan perturbaciones metabólicas ( $T_c$ ) y, en última instancia, inicio de daño celular ( $T_d$ ). Estos umbrales pueden variar para cada individuo (flechas horizontales) dentro de unos límites, entre el verano y el invierno (aclimatación estacional) o cuando las especies se adaptan a climas más fríos o más cálidos durante generaciones (adaptación evolutiva). En condiciones de niveles elevados de CO<sub>2</sub> (acidificación del océano) o de bajo nivel de oxígeno, las ventanas térmicas se contraen (curvas grises punteadas). B) Durante el calentamiento climático, una especie sigue su temperatura normal mientras se mueve o desplaza, dando como resultado típico un traslado hacia los polos del área de distribución biogeográfica (ejemplificada para el hemisferio Norte). El polígono delinea el área de distribución en el espacio y momento estacional; la gradación de gris denota la abundancia. C) Cambios a largo plazo en el número medio de especies de copépodos pseudo-oceánicos de clima cálido-templado en el noreste del Atlántico de 1958 a 2005. [figuras 6-5, 6-7 y 6-8]

y el maíz en muchas regiones y en el total global (*nivel de confianza medio*). Los efectos en el rendimiento del arroz y la soja han sido menores en las principales regiones de producción y a nivel global, con un cambio nulo en la mediana con todos los datos disponibles, que son menores en el caso de la soja en comparación con los de otros cultivos. Los impactos observados están relacionados principalmente con los aspectos de la seguridad alimentaria de la producción en lugar del acceso

u otros componentes de la seguridad alimentaria. Véase la figura RT.2E. Desde el Cuarto Informe de Evaluación, los diversos períodos de rápidos aumentos en el precio de los alimentos y los cereales que siguen a episodios climáticos extremos en las principales regiones de producción indican que actualmente los mercados son sensibles, entre otros factores, a los valores climáticos extremos (*nivel de confianza medio*). Los rendimientos de los cultivos tienen una gran sensibilidad negativa

a las temperaturas extremas diurnas de alrededor de 30 °C durante la estación de crecimiento (*nivel de confianza alto*). El CO<sub>2</sub> tiene efectos estimuladores sobre los rendimientos de los cultivos en la mayoría de los casos, y una elevada concentración de ozono troposférico tiene efectos perjudiciales. Las interacciones entre el CO<sub>2</sub> y el ozono, la temperatura media, los valores extremos, el agua y el nitrógeno son no lineales y son difíciles de predecir (*nivel de confianza medio*). [7.2, 7.3, 18.4, 22.3, 26.5, figuras 7-2, 7-3 y 7-7, recuadro 25-3]

## Zonas urbanas

**Las zonas urbanas albergan más de la mitad de la población mundial, contienen la mayoría de sus activos construidos y en ellas se desarrollan la mayoría de actividades económicas.** Una alta proporción de la población y las actividades económicas en situación de riesgo por el cambio climático están en las zonas urbanas, y una alta proporción de las emisiones globales de gases de efecto invernadero se generan por actividades y residentes urbanos. Las ciudades se componen de complejos sistemas interdependientes que se pueden potenciar en apoyo de la adaptación al cambio climático por medio de lograr que los gobiernos de las ciudades sean eficaces y tengan el respaldo de gobiernos cooperativos a varios niveles (*nivel de confianza medio*). De esa forma se posibilitan sinergias con la inversión en infraestructura y para su mantenimiento, la gestión del uso del suelo, la creación de medios de subsistencia y la protección de los servicios ecosistémicos. [8.1, 8.3, 8.4]

**La rápida urbanización y el crecimiento de las grandes ciudades en los países en desarrollo han estado acompañados de la expansión de comunidades urbanas muy vulnerables que viven en asentamientos informales, muchos de los cuales se hallan en terrenos expuestos a los fenómenos meteorológicos extremos (*nivel de confianza medio*).** [8.2, 8.3]

## Zonas rurales

**El cambio climático en las zonas rurales ocurrirá en el contexto de muchas importantes tendencias económicas, sociales y de uso del suelo (*nivel de confianza muy alto*).** En distintas regiones, la población rural absoluta ha llegado a su máximo o llegará a su máximo en los próximos decenios. La proporción de población rural que depende de la agricultura varía según la región, pero está disminuyendo en todas partes. Las tasas de pobreza en las zonas rurales son mayores que las tasas de pobreza generales, pero también están disminuyendo de forma más acusada, y la proporción de población en pobreza extrema representada por los habitantes rurales también está disminuyendo en ambos casos, con la excepción del África subsahariana, donde esas tasas están aumentando. La aceleración de la globalización, mediante la migración, las conexiones laborales, el comercio regional e internacional y las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones está generando una transformación económica en las zonas rurales de los países en desarrollo y desarrollados. [9.3, figura 9-2]

**Para los hogares y comunidades rurales, el acceso a la tierra y a los recursos naturales, a unas instituciones locales flexibles, al conocimiento y la información, y a estrategias de obtención de medios de subsistencia puede hacer que aumente su resiliencia al cambio climático (*nivel de confianza alto*).** Especialmente en

**los países en desarrollo, la población rural está sometida a múltiples factores de estrés no climáticos, entre ellos insuficiencia de inversión en la agricultura, problemas con la política del suelo y los recursos naturales, y procesos de degradación del medio ambiente (*nivel de confianza muy alto*).** En los países desarrollados, se están produciendo importantes transformaciones hacia usos variados de las zonas rurales, especialmente usos recreativos, y nuevas políticas rurales basadas en la colaboración de las diversas partes interesadas, en la focalización en múltiples sectores y en un cambio de políticas basadas en subsidios a políticas basadas en la inversión. [9.3, 22.4, cuadro 9-3]

## Sectores y servicios económicos claves

**Las pérdidas económicas ocasionadas por fenómenos meteorológicos extremos han aumentado en todo el mundo, debido principalmente al aumento en la riqueza y la exposición, y a una posible influencia del cambio climático (*nivel de confianza bajo* en lo que respecta a la atribución al cambio climático).** Las inundaciones pueden acarrear importantes costos económicos, tanto en relación con sus impactos (p. ej., destrucción de capital, desorganización) como con la adaptación (p. ej., construcción, inversión en defensas) (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Desde mitad del siglo XX, las pérdidas socioeconómicas derivadas de las inundaciones han aumentado principalmente por la gran exposición y vulnerabilidad (*nivel de confianza alto*). [3.2, 3.4, 10.3, 18.4, 23.2, 23.3, 26.7, figura 26-2, recuadro 25-7]

## Salud humana

**Actualmente la carga mundial de mala salud humana a causa del cambio climático es relativamente pequeña en comparación con los efectos de otros factores de estrés y no está bien cuantificada.** No obstante, se ha producido un aumento de la mortalidad asociada al calor y una disminución de la mortalidad asociada al frío en algunas regiones como resultado del calentamiento (*nivel de confianza medio*). Los cambios locales en la temperatura y la precipitación han alterado la distribución de algunas enfermedades transmitidas por el agua y vectores de enfermedades (*nivel de confianza medio*). [11.4 a 11.6, 18.4, 25.8]

**La salud de las poblaciones humanas es sensible a las transformaciones en los patrones meteorológicos y otros aspectos del cambio climático (*nivel de confianza muy alto*).** Estos efectos ocurren directamente, debido a cambios en la temperatura y la precipitación y al acaecimiento de olas de calor, inundaciones, sequías e incendios. La salud puede dañarse indirectamente por perturbaciones ecológicas relacionadas con el cambio climático, como malas cosechas o alteraciones en los patrones de los vectores de enfermedades, o por respuestas sociales al cambio climático, como el desplazamiento de poblaciones tras prolongadas sequías. La variabilidad en las temperaturas es un factor de riesgo por sí misma, por encima de la influencia del promedio de las temperaturas en las muertes relacionadas con el calor. [11.4, 28.2]

## Seguridad humana

**Los desafíos relativos a la disminución de vulnerabilidad y medidas de adaptación son especialmente grandes en las regiones que han experimentado graves dificultades en gobernanza (*nivel de confianza alto*).** Los conflictos violentos hacen que au-

## Recuadro RT.4 | Desigualdad y vulnerabilidad al cambio climático multidimensionales

Las personas que están marginadas en los planos social, económico, cultural, político, institucional u otro son especialmente vulnerables al cambio climático así como a algunas respuestas de adaptación y mitigación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Esta mayor vulnerabilidad raras veces se debe a una sola causa. Más bien, es el producto de procesos sociales interrelacionados que se traducen en desigualdades en las situaciones socioeconómicas y los ingresos, así como en la exposición. Entre esos procesos sociales, cabe mencionar por ejemplo la discriminación por motivo de género, clase, etnicidad, edad y (dis)capacidad. Véase el recuadro RT.4 figura 1 en la página anterior. La comprensión de las diferentes capacidades y oportunidades de las personas, familias y comunidades exige tener conocimientos de esos factores sociales interrelacionados, que pueden ser específicos del contexto y agruparse de diversos modos (p. ej., clase y etnicidad en unos casos, o bien género y edad en otros). Hay pocos estudios que describen el abanico completo de esos procesos sociales interrelacionados y los modos en que conforman la vulnerabilidad multidimensional al cambio climático.

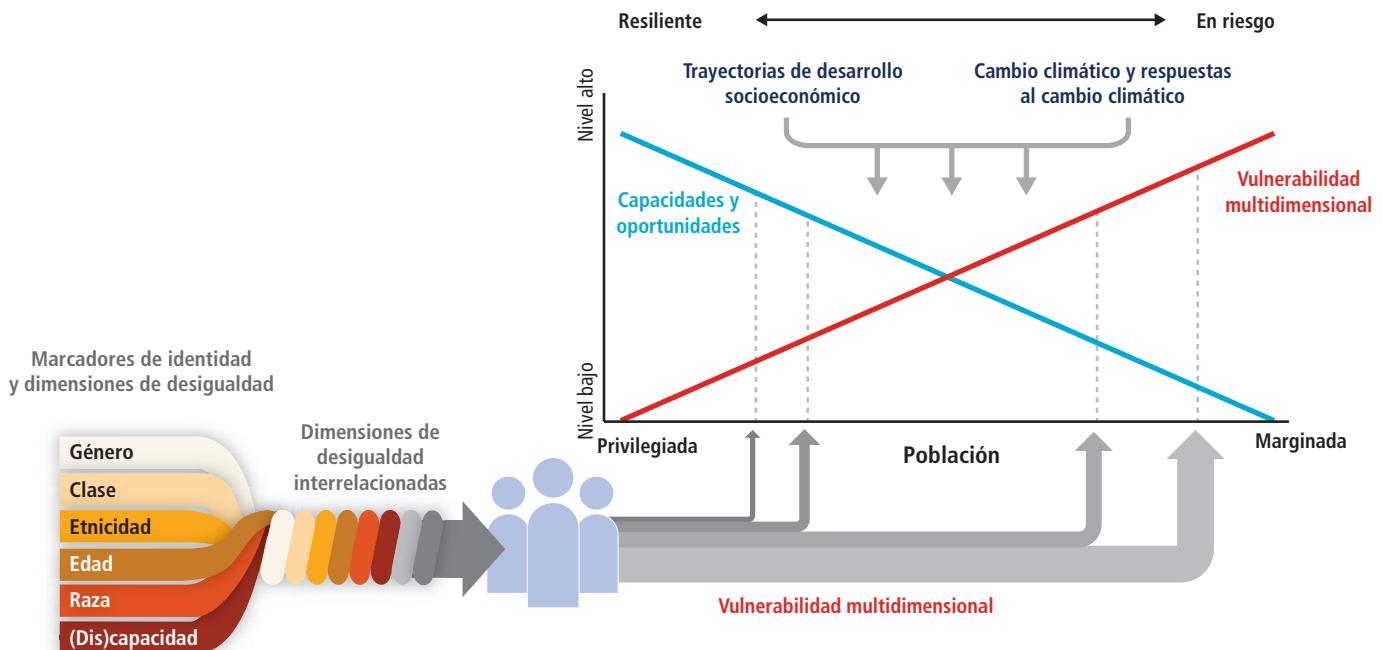
Entre los ejemplos de impactos y riesgos del cambio climático y respuestas del cambio climático que conducen a desigualdad figuran los siguientes (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*):

- Los miembros privilegiados de la sociedad pueden beneficiarse de los impactos del cambio climático y las estrategias de respuesta, debido a su flexibilidad de movimiento y acceso a los recursos y a su posición de poder, a menudo en detrimento de terceros. [13.2, 13.3, 22.4, 26.8]
- Los diferentes impactos en los hombres y las mujeres se derivan de los distintos roles que desempeñan en la sociedad, el modo en que esos roles se potencian o empequeñecen por otras dimensiones de desigualdad, las percepciones del riesgo y el carácter de la respuesta a los peligros. [8.2, 9.3, 11.3, 12.2, 13.2, 18.4, 19.6, 22.4, recuadro CC-GC]
- Tras las inundaciones se registran tanto muertes masculinas como femeninas, en función de las desventajas socioeconómicas, la ocupación y las expectativas de salvar vidas impuestas por la cultura. Si bien las mujeres en general son más sensibles al estrés térmico, los informes indican que hay más víctimas mortales de trabajadores masculinos en gran medida como resultado de sus responsabilidades puertas afuera y puertas adentro. [11.3, 13.2, recuadro CC-GC]
- Las mujeres a menudo realizan tareas adicionales como trabajadoras poco cualificadas y cuidadoras como resultado de episodios meteorológicos extremos y del cambio climático, y como respuestas (p. ej. emigración de hombres), al tiempo que afrontan un mayor sufrimiento psicológico y emocional, menor ingesta de alimentos, afecciones adversas de salud mental debido al desplazamiento y, en algunos casos, mayor incidencia de violencia doméstica. [9.3, 9.4, 12.4, 13.2, recuadro CC-GC]
- Los niños y las personas mayores con frecuencia son quienes están en situación de mayor riesgo debido a su reducida movilidad, susceptibilidad a las enfermedades infecciosas, poca ingesta calórica y aislamiento social. Si bien los adultos y los niños mayores suelen ser quienes se ven más gravemente afectados por algunas enfermedades transmitidas por vectores sensibles al clima como el dengue, las vidas de los niños pequeños son las que con mayor probabilidad se cobran, y ponen en peligro, las enfermedades diarreicas y las inundaciones. Las personas mayores afrontan un daño físico y muerte muy superior a los demás por el estrés térmico, las sequías y los incendios. [8.2, 10.9, 11.1, 11.4, 11.5, 13.2, 22.4, 23.5, 26.6]
- En la mayoría de las zonas urbanas, los grupos de bajos ingresos, en particular los migrantes, afrontan grandes riesgos por el cambio climático debido a que sus viviendas tienen poca calidad, son inseguras y están agrupadas, a que disponen de una infraestructura inadecuada y a que carecen de servicios de atención de salud y servicios de emergencia, están expuestos a las inundaciones y no hay medidas de reducción de riesgos de desastre previstas para ellos. [8.1, 8.2, 8.4, 8.5, 12.4, 22.3, 26.8]
- Las personas desfavorecidas por su raza o etnicidad, especialmente en los países desarrollados, son las que más daño padecen por estrés térmico, a menudo debido a su mala situación económica y sus deficientes condiciones de salud, y por su desplazamiento tras episodios extremos. [11.3, 12.4, 13.2]
- Los medios de subsistencia y los estilos de vida de los pueblos indígenas, los pastores y los pescadores, que con frecuencia dependen de los recursos naturales, son muy sensibles al cambio climático y a las políticas de cambio climático, especialmente las políticas que marginan los conocimientos, valores y actividades de los pueblos indígenas. [9.3, 11.3, 12.3, 14.2, 22.4, 25.8, 26.8, 28.2]
- Los grupos desfavorecidos sin acceso a la tierra y al trabajo, incluidas las familias encabezadas por mujeres, son quienes suelen estar menos beneficiados por los mecanismos de respuesta al cambio climático (p. ej., el Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD+), la adquisición de tierras a gran escala para el cultivo de biocombustibles y los proyectos de adaptación planificada de la agricultura). [9.3, 12.2, 12.5, 13.3, 22.4, 22.6]

mente la vulnerabilidad al cambio climático (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Los conflictos violentos a gran escala dañan los activos que facilitan la adaptación, entre ellos la infraestructura, las instituciones, los recursos naturales, el capital social y las oportunidades de medios de subsistencia. [12.5, 19.2, 19.6]

Medios de subsistencia y pobreza

**Los peligros conexos al clima agravan otros factores de estrés, a menudo con resultados negativos para los medios de subsistencia, especialmente para las personas que viven en la pobreza (*nivel de confianza alto*).** Los peligros conexos al clima afectan a las



**Recuadro RT.4 figura 1 | Vulnerabilidad multidimensional condicionada por dimensiones de desigualdad interrelacionadas.** La vulnerabilidad aumenta cuando disminuyen las capacidades y oportunidades de las personas para adaptarse al cambio climático y ajustarse a las respuestas al cambio climático. [figura 13-5]

vidas de las personas pobres directamente a través de impactos en los medios de subsistencia, reducciones en los rendimientos de los cultivos o destrucción de hogares e, indirectamente, a través de, por ejemplo, aumentos en los precios de los alimentos y en inseguridad alimentaria. Los habitantes del medio urbano y rural que son transitoriamente pobres afrontan muchas privaciones y pueden caer en la pobreza crónica como resultado de sucesos extremos, o una serie de sucesos, cuando no son capaces de reconstruir sus menguados activos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). Los efectos positivos observados para los pobres y los marginados, que son reducidos y generalmente indirectos, comprenden ejemplos como la diversificación de las redes sociales y de las prácticas agrícolas. [8.2, 8.3, 9.3, 11.3, 13.1 a 13.3, 22.3, 24.4, 26.8]

**Los medios de subsistencia de los pueblos indígenas en el Ártico se han visto alterados debido al cambio climático, por sus impactos en la seguridad alimentaria y en los valores tradicionales y culturales (nivel de confianza medio).** Hay nuevos datos que indican que el cambio climático en una región tiene un impacto en los medios de subsistencia de las personas indígenas de otras regiones. [18.4, cuadro 18-9, recuadro 18-5]

## A-2. Experiencia de adaptación

A lo largo de la historia, los pueblos y las sociedades se han adaptado al clima, su variabilidad y sus extremos, y los han afrontado, con diversos grados de éxito. Esta sección se centra en las respuestas de adaptación del ser humano a los impactos del cambio climático observados y proyectados, respuestas que también pueden abordar objetivos más amplios de reducción del riesgo y desarrollo.

**La adaptación se va incorporando en algunos procesos de planificación, siendo más limitada la aplicación de respuestas (nivel de**

**confianza alto).** Las opciones de ingeniería y tecnología son respuestas de adaptación que se emplean habitualmente y que a menudo están integradas en los programas en vigor como la gestión de riesgos de desastre y la gestión de los recursos hídricos. Cada vez es mayor el reconocimiento del valor de las medidas sociales, institucionales y basadas en el ecosistema, y de la amplitud de las limitaciones de adaptación. Las opciones de adaptación adoptadas hasta el momento siguen haciendo hincapié en ajustes progresivos y los cobeneficios y empiezan a centrarse en la flexibilidad y el aprendizaje (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). [4.4, 5.5, 6.4, 8.3, 9.4, 11.7, 14.1, 14.3, 15.2 a 15.5, 17.2, 17.3, 22.4, 23.7, 25.4, 25.10, 26.8, 26.9, 27.3, 30.6, recuadros 25-1, 25-2, 25-9 y CC-EA]

**La mayoría de las evaluaciones de la adaptación se han limitado a los impactos, la vulnerabilidad y la planificación de la adaptación, y son muy pocas las evaluaciones realizadas de los procesos de aplicación o los efectos de las medidas de adaptación (evidencia media, nivel de acuerdo alto).** Los indicadores de vulnerabilidad definen, cuantifican y ponderan aspectos de la vulnerabilidad a través de las unidades regionales, pero los métodos de construir índices son subjetivos, a menudo faltos de transparencia, y pueden ser difíciles de interpretar. Existen opiniones contradictorias sobre los parámetros elegidos para medir la adaptación, habida cuenta de los diferentes valores dados a las necesidades y los resultados, muchos de los cuales no se pueden captar de forma comparable por parámetros. Los indicadores que se han mostrado más útiles para el aprendizaje de las políticas son aquellos que hacen un seguimiento no solo del proceso y la ejecución, sino también del alcance que tienen los resultados seleccionados. Cada vez se emplean más las evaluaciones de parámetros múltiples que incluyen el riesgo y la incertidumbre, una evolución respecto de las anteriores metodologías de análisis de costo-beneficio y la identificación de las “mejores adaptaciones económicas” (*nivel de confianza alto*). Las evaluaciones de la adaptación que más se adecuan a la provisión de medidas de adaptación efectiva con frecuencia incluyen tanto evaluaciones de arriba abajo de

**Cuadro RT.2 |** Ejemplos ilustrativos de experiencia en adaptación, así como enfoques de reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia. Las medidas de adaptación pueden estar influidas por la variabilidad climática, los fenómenos extremos y el cambio, y por la exposición y vulnerabilidad a la escala de gestión del riesgo. Muchos ejemplos y estudios de caso demuestran complejidad en el plano de comunidades o regiones específicas dentro de un país. Y es a esta escala espacial a la que destacan las complejas interacciones existentes entre la vulnerabilidad, la exposición y el cambio climático. [cuadro 21-4]

<b>Sistemas de alerta temprana para el calor</b>	
Exposición y vulnerabilidad	Entre los factores que afectan a la exposición y la vulnerabilidad figuran la edad, estado de salud previo, nivel de actividad en el exterior, factores socioeconómicos como pobreza y aislamiento social, acceso y uso de refrigeración, adaptación fisiológica y de comportamiento de la población, efectos de isla de calor urbana e infraestructura urbana. [8.2.3, 8.2.4, 11.3.3, 11.3.4, 11.4.1, 11.7, 13.2.1, 19.3.2, 23.5.1, 25.3, 25.8.1, Informe SREX cuadro RRP.1]
Información climática a escala global	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Muy probable</i> disminución del número de días y noches fríos y aumento del de días y noches cálidos, a escala global, entre 1951 y 2010. [GTI IE5 2.6.1]</li> <li>• <i>Nivel de confianza medio</i> en que la duración y la frecuencia de los períodos de calor, incluidas las olas de calor, hayan aumentado a nivel global desde 1950. [GTI IE5 2.6.1]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <p><i>Prácticamente seguro</i> que, en la mayoría de los lugares, se producirán más episodios de temperaturas extremas cálidas y menos de temperaturas extremas frías conforme vaya aumentando la temperatura media global, para los episodios calificados de extremos tanto a escalas temporales diarias como estacionales. [GTI IE5 12.4.3]</p>
Información climática a escala regional	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Probable</i> que la frecuencia de las olas de calor haya aumentado desde 1950 en grandes partes de Europa, Asia y Australia. [GTI IE5 2.6.1]</li> <li>• <i>Nivel de confianza medio</i> en el aumento general de las olas y períodos de calor en América del Norte desde 1960. Evidencia insuficiente para la evaluación o las tendencias de variación espacial en las olas o períodos de calor para América del Sur y la mayor parte de África. [Informe SREX cuadro 3-2; GTI IE5 2.6.1]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Probable</i> que, al final del siglo XXI en el marco de la trayectoria de concentración representativa 8,5 (RCP8,5) en la mayoría de las regiones terrestres, un episodio de temperatura alta que en la actualidad ocurre cada 20 años ocurra al menos con el doble de frecuencia y en muchas regiones ocurra cada dos años o anualmente, mientras que un episodio de temperatura baja que en la actualidad ocurre cada 20 años pase a ser algo extremadamente raro. [GTI IE5 12.4.3]</li> <li>• <i>Muy probable</i> que en la mayoría de las zonas terrestres aumente la frecuencia y/o duración de las olas o períodos de calor. [GTI IE5 12.4.3]</li> </ul>
Descripción	Los sistemas de alerta temprana en caso de olas de calor son instrumentos destinados a prevenir los impactos negativos en la salud durante las olas de calor. Se emplean predicciones meteorológicas para predecir situaciones asociadas a una mayor mortalidad o morbilidad. Entre los componentes de los sistemas de alerta en casos de olas de calor y riesgos para la salud se incluyen la identificación de las situaciones meteorológicas que afectan adversamente a la salud humana, la supervisión de las predicciones meteorológicas, la comunicación de las respuestas a las olas de calor y las respuestas de prevención, la notificación específica a las poblaciones vulnerables, y la evaluación y revisión del sistema para mejorar su eficacia en un clima cambiante. Los sistemas de alerta en casos de olas de calor se han planificado y puesto en práctica ampliamente, por ejemplo en Europa, Estados Unidos, Asia y Australia. [11.7.3, 24.4.6, 25.8.1, 26.6, recuadro 25-6]
Contexto general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los sistemas de alerta en casos de olas de calor se pueden combinar con otros elementos de los planes de protección de la salud, por ejemplo creación de capacidad en apoyo de las comunidades que se encuentran en la situación de mayor riesgo, apoyo y financiación de los servicios de salud y difusión de la información sobre salud pública.</li> <li>• En África, Asia y otros lugares, los sistemas de alerta temprana se han utilizado para dar avisos de riesgos y reducir los diversos riesgos relacionados con la hambruna y la inseguridad alimentaria; las inundaciones y otros peligros relacionados con el tiempo; la exposición a la contaminación atmosférica por incendios; y los brotes de enfermedades transmitidas por vectores y transmitidas por los alimentos.</li> </ul> <p>[7.5.1, 11.7, 15.4.2, 22.4.5, 24.4.6, 25.8.1, 26.6.3, recuadro 25-6]</p>
<b>Restauración de manglares para reducir los riesgos de inundaciones y proteger las costas contra las mareas meteorológicas</b>	
Exposición y vulnerabilidad	La pérdida de manglares hace que aumente la exposición de las costas a las mareas meteorológicas, la erosión costera, la intrusión salina y los ciclones tropicales. La infraestructura expuesta, los medios de subsistencia y las personas son vulnerables a los daños conexos. Las áreas con desarrollo en la zona costera, como en las islas pequeñas, pueden ser especialmente vulnerables. [5.4.3, 5.5.6, 29.7.2, recuadro CC-EA]
Información climática a escala global	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Probable</i> aumento en la magnitud de los episodios de elevación extrema del nivel del mar desde 1970, debidos en su mayoría a la elevación del nivel medio del mar. [GTI IE5 3.7.5]</li> <li>• <i>Nivel de confianza bajo</i> en cambios a largo plazo (secular) en la actividad de los ciclones tropicales, tras contabilizar los cambios pasados en las capacidades de observación. [GTI IE5 2.6.3]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Muy probable</i> aumento importante en la ocurrencia de niveles extremos del mar en el futuro en 2050 y 2100. [GTI IE5 13.7.2]</li> <li>• <i>Probable</i> que en el siglo XXI la frecuencia mundial de los ciclones tropicales disminuya o no presente cambios esenciales. <i>Probable</i> aumento en la velocidad máxima del viento y la intensidad máxima de lluvia en el promedio global de los ciclones tropicales. [GTI IE5 14.6]</li> </ul>
Información climática a escala regional	<p><b>Observado:</b></p> <p>El cambio en el nivel del mar en relación con la tierra (nivel del mar relativo) puede ser significativamente diferente del cambio del nivel medio global del mar debido a cambios en la distribución del agua en el océano y el movimiento vertical de la tierra. [GTI IE5 3.7.3]</p> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bajo nivel de confianza</i> en las proyecciones específicas de las regiones de las tormentas y las mareas meteorológicas conexas. [GTI IE5 13.7.2]</li> <li>• Cambios regionales en los valores que alcanzan el nivel del mar de hasta un 30% por encima del valor medio global en el océano Austral y alrededor de América del Norte, y entre el 10% y el 20% por encima del valor medio global en las regiones ecuatoriales. [GTI IE5 13.6.5]</li> <li>• <i>Más probable</i> ue <i>improbable</i> que se produzca un aumento sustancial en la frecuencia de los ciclones tropicales más intensos al oeste del Pacífico Norte y el Atlántico Norte. [GTI IE5 14.6]</li> </ul>
Descripción	Se ha realizado una restauración y rehabilitación de manglares en diversos lugares (p. ej., Viet Nam, Djibouti y Brasil) para hacer que disminuyan los riesgos de inundación costera y proteger la costa contra las mareas meteorológicas. Se ha visto que los manglares restaurados hacen que se rebaje la altura de las olas y por tanto disminuya el daño y la erosión que producen. Protegen la industria de la acuicultura contra el daño de las tormentas y reducen la intrusión salina. [2.4.3, 5.5.4, 8.3.3, 22.4.5, 27.3.3]
Contexto general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se considera una opción de bajo riesgo que beneficia el desarrollo sostenible, los medios de subsistencia y el bienestar humano por medio de mejorar la seguridad alimentaria y reducir los riesgos de inundación, intrusión salina, daño por olas y erosión. La restauración y rehabilitación de manglares, así como de los humedales o deltas, es una medida de adaptación basada en los ecosistemas que mejora los servicios ecosistémicos.</li> <li>• Se producen sinergias con la mitigación, puesto que los bosques de mangle representan grandes almacenes de carbono.</li> <li>• La adaptación basada en los ecosistemas, cuando está bien integrada, puede ser una medida más costo-efectiva y sostenible que los enfoques de ingeniería física no integrados.</li> </ul> <p>[5.5, 8.4.2, 14.3.1, 24.6, 29.3.1, 29.7.2, 30.6.1, 30.6.2, cuadro 5-4, recuadro CC-EA]</p>

Continúa en la página siguiente →

los cambios climáticos biofísicos como evaluaciones de abajo arriba de la vulnerabilidad enfocadas a encontrar soluciones locales a los riesgos globales y a adoptar decisiones concretas. [4.4, 14.4, 14.5, 15.2, 15.3, 17.2, 17.3, 21.3, 21.5, 22.4, 25.4, 25.10, 26.8, 26.9, recuadro CC-EA]

**La experiencia de adaptación se va acumulando en diversas regiones en los sectores público y privado y dentro de las comunidades (*nivel de confianza alto*). Los gobiernos de distintos niveles están comenzando a desarrollar planes y políticas de**

Cuadro RT.2 (continuación)

Adaptación comunitaria y prácticas tradicionales en contextos de islas pequeñas	
Exposición y vulnerabilidad	Con una superficie terrestre pequeña, a menudo costas de poca altitud y una concentración de comunidades humanas e infraestructura en las zonas costeras, las islas pequeñas son particularmente vulnerables a la elevación del nivel del mar e impactos como la inundación, la intrusión salina y la modificación de la línea de costa. [29.3.1, 29.3.3, 29.6.1, 29.6.2, 29.7.2]
Información climática a escala global	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Probable aumento en la magnitud de los episodios de elevación extrema del nivel del mar desde 1970, debidos en su mayoría a la elevación del nivel medio del mar. [GTI IES 3.7.5]</li> <li>Nivel de confianza bajo en cambios a largo plazo (secular) en la actividad de los ciclones tropicales, tras contabilizar los cambios pasados en las capacidades de observación. [GTI IES 2.6.3]</li> <li>Probable que desde 1950 el número de episodios de precipitación intensa sobre tierra haya aumentado en más regiones que en las que haya disminuido. [GTI IES 2.6.2]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy probable aumento importante en la ocurrencia de niveles extremos del mar en el futuro en 2050 y 2100. [GTI IES 13.7.2]</li> <li>Probable que en el siglo XXI la frecuencia mundial de los ciclones tropicales disminuya o no presente cambios importantes. Probable aumento en la velocidad máxima del viento y la intensidad máxima de lluvia en el promedio global de los ciclones tropicales. [GTI IES 14.6]</li> <li>Probable que a nivel mundial, para episodios de precipitación de corta duración, se produzca una evolución a más tormentas individuales intensas y a menos tormentas de poca intensidad. [GTI IES 12.4.5]</li> </ul>
Información climática a escala regional	<p><b>Observado:</b></p> <p>El cambio en el nivel del mar en relación con la tierra (nivel del mar relativo) puede ser significativamente diferente del cambio del nivel medio global del mar debido a cambios en la distribución del agua en el océano y el movimiento vertical de la tierra. [GTI IES 3.7.3]</p> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo nivel de confianza en las proyecciones específicas de las regiones de las tormentas y las mareas meteorológicas conexas. [GTI IES 13.7.2]</li> <li>Cambios regionales en los valores que alcanzan el nivel del mar de hasta un 30% por encima del valor medio global en el océano Austral y alrededor de América del Norte, y entre el 10% y el 20% por encima del valor medio global en las regiones ecuatoriales. [GTI IES 13.6.5]</li> <li>Más probable que improbable que se produzca un aumento sustancial en la frecuencia de los ciclones tropicales más intensos al oeste del Pacífico Norte y el Atlántico Norte. [GTI IES 14.6]</li> </ul>
Descripción	Las tecnologías y los conocimientos tradicionales pueden resultar adecuados para la adaptación climática en contextos de islas pequeñas. En las Islas Salomón, entre las prácticas tradicionales adecuadas figuran la elevación de los suelos de cemento para mantenerlos secos durante episodios de precipitación intensa y la construcción de casas poco aerodinámicas con hojas de palmera en los tejados para evitar los peligros que suponen restos volando durante los ciclones, sustentado por la percepción de que los métodos de construcción tradicionales son más resistentes a los fenómenos meteorológicos extremos. En Fiji, tras el paso del ciclón Ami en 2003, el apoyo mutuo y la distribución de los riesgos formaron un pilar central para la adaptación comunitaria, y en las viviendas que no resultaron afectadas se acogió a quienes tenían sus hogares dañados por el agua. Las consultas participativas con todos los interesados y sectores en el seno de las comunidades y una creación de capacidad que tenga en cuenta las prácticas tradicionales pueden ser esenciales para el éxito de las iniciativas de adaptación en las comunidades, como en Fiji o Samoa. [29.6.2]
Enfoques adaptativos en la defensa contra inundaciones en Europa	
Exposición y vulnerabilidad	La mayor exposición de las personas y las propiedades en las zonas de riesgo de inundación ha contribuido a que aumenten los daños producidos por episodios de inundación en los últimos decenios. [5.4.3, 5.4.4, 5.5.5, 23.3.1, recuadro 5-1]
Información climática a escala global	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Probable aumento en la magnitud de los episodios de elevación extrema del nivel del mar desde 1970, debidos en su mayoría a la elevación del nivel medio del mar. [GTI IES 3.7.5]</li> <li>Probable que desde 1950 el número de episodios de precipitación intensa sobre tierra haya aumentado en más regiones que en las que haya disminuido. [GTI IES 2.6.2]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy probable que la tasa media temporal de la elevación del nivel medio global del mar durante el siglo XXI sea superior a la tasa observada durante el período 1971-2010 para todos los escenarios de trayectorias de concentración representativas. [GTI IES 13.5.1]</li> <li>Probable que a nivel mundial, para episodios de precipitación de corta duración, se produzca una evolución a más tormentas individuales intensas y a menos tormentas de poca intensidad. [GTI IES 12.4.5]</li> </ul>
Información climática a escala regional	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Probable aumento en la frecuencia o intensidad de las precipitaciones intensas en Europa, con algunas variaciones estacionales y/o regionales. [GTI IES 2.6.2]</li> <li>Aumento en las precipitaciones intensas en invierno desde la década de 1950 en algunas zonas de Europa septentrional (nivel de confianza medio). Aumento en la precipitación intensa desde la década de 1960 en algunas partes de Europa centro-occidental y la Rusia europea, especialmente en invierno (nivel de confianza medio). [SREX cuadro 3-2]</li> <li>Elevación del nivel medio del mar con variaciones regionales, excepto en el mar Báltico, donde el nivel del mar relativo está disminuyendo debido al movimiento vertical de la corteza. [5.3.2, 23.2.2]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy probable que en la mayoría de las masas terrestres de latitud media los episodios de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes en un mundo más cálido. [GTI IES 12.4.5]</li> <li>Aumento general de la precipitación en Europa septentrional y disminución en Europa meridional (nivel de confianza medio). [23.2.2]</li> <li>Aumento de la precipitación extrema en Europa septentrional durante todas las estaciones, especialmente en invierno, y en Europa central excepto en verano (nivel de confianza alto). [23.2.2; SREX cuadro 3-3]</li> </ul>
Descripción	Varios gobiernos han realizado esfuerzos ambiciosos para afrontar el riesgo de inundación y la elevación del nivel del mar durante el próximo siglo. En los Países Bajos, las recomendaciones del Gobierno incluyen medidas "blandas" de conservación de la tierra frente al desarrollo a fin de acomodar el aumento de inundación fluvial; mantenimiento de la protección costera mediante enarenado de playas; y aseguramiento de los recursos necesarios político-administrativos, jurídicos y financieros. Mediante un proceso en varias fases, el Gobierno británico también ha elaborado amplios planes de adaptación para ajustar y mejorar las defensas contra las inundaciones a fin de proteger Londres contra las futuras mareas meteorológicas y las inundaciones fluviales. Se han analizado las distintas trayectorias para las diferentes opciones y decisiones de adaptación, que dependen de la elevación efectiva del nivel del mar, con una supervisión permanente de los factores impulsores de los riesgos en los que se basan las decisiones. [5.5.4, 23.7.1, recuadro 5-1]
Contexto general	<ul style="list-style-type: none"> <li>El plan neerlandés se considera un cambio paradigmático, puesto que aborda la protección costera colaborando con la naturaleza y dejando espacio a los ríos.</li> <li>El plan británico incorpora decisiones de adaptación iterativas que dependen de la elevación efectiva del nivel del mar con numerosas y diversas medidas posibles en los próximos 50 a 100 años para reducir el riesgo hasta niveles aceptables.</li> <li>En algunas ciudades de Europa y otros lugares, se ha señalado la importancia de que existan un potente liderazgo político o sólidos dirigentes gubernamentales para dirigir las medidas satisfactorias de adaptación.</li> </ul> <p>[5.5.3, 5.5.4, 8.4.3, 23.7.1, 23.7.2, 23.7.4, recuadros 5-1 y 26-3]</p>

Continúa en la página siguiente →

## Cuadro RT.2 (continuación)

Seguro basado en los índices para la agricultura en África	
Exposición y vulnerabilidad	Susceptibilidad a la inseguridad alimentaria y agotamiento de los bienes de producción de los agricultores tras pérdidas de cosechas. Baja prevalencia del seguro debido a la ausencia de mercados de seguros o al poco desarrollo de estos, o a la suma de los pagos de las primas. Las personas más marginadas y carentes de recursos especialmente pueden tener una limitada capacidad para poder pagar las primas del seguro. [10.7.6, 13.3.2, recuadro 22-1]
Información climática a escala global	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy probable que disminuya el número de días y noches fríos y aumente el de días y noches cálidos, a escala global, entre 1951 y 2010. [GTI IE5 2.6.1]</li> <li>Nivel de confianza medio en que la duración y la frecuencia de los períodos de calor, incluidas las olas de calor, hayan aumentado a nivel global desde 1950. [GTI IE5 2.6.1]</li> <li>Probable que desde 1950 el número de episodios de precipitación intensa sobre tierra haya aumentado en más regiones que en las que haya disminuido. [GTI IE5 2.6.2]</li> <li>Nivel de confianza bajo en una tendencia observada a escala global en la sequía o sequedad (falta de precipitación). [GTI IE5 2.6.2]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prácticamente seguro que, en la mayoría de los lugares, se producirán más episodios de temperaturas extremas cálidas y menos de temperaturas extremas frías conforme vaya aumentando la temperatura media global, para los episodios calificados de extremos tanto a escalas temporales diarias como estacionales. [GTI IE5 12.4.3]</li> <li>Probable que, en el marco del escenario RCP8.5, para fines de este siglo disminuya la humedad del suelo y aumente el riesgo de sequía agrícola en las regiones actualmente secas, a escala regional y mundial, con un nivel de confianza medio en las proyecciones. [GTI IE5 12.4.5]</li> <li>Probable que a nivel mundial, para episodios de precipitación de corta duración, se produzca una evolución a más tormentas individuales intensas y a menores tormentas de poca intensidad. [GTI IE5 12.4.5]</li> </ul>
Información climática a escala regional	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de confianza medio en el aumento de la frecuencia de los días cálidos y en la disminución de la frecuencia de los días y noches fríos en África meridional. [SREX cuadro 3-2]</li> <li>Nivel de confianza medio en el aumento de la frecuencia de las noches cálidas en África septentrional y África meridional. [SREX cuadro 3-2]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Probable desecación superficial en África meridional al final del siglo XXI en el marco del escenario RCP8.5 (nivel de confianza alto). [GTI IE5 12.4.5]</li> <li>Probable aumento en el número de días y noches cálidos y disminución en el número de días y noches fríos en todas las regiones de África (nivel de confianza alto). Aumento en el número de los días más largos cálidos en verano y otoño (nivel de confianza medio). [SREX cuadro 3-3]</li> <li>Probable ocurrencia de olas de calor y períodos cálidos más frecuentes y/o más largos en África (nivel de confianza alto). [SREX cuadro 3-3]</li> </ul>
Descripción	Mecanismo recientemente introducido y experimentado en una serie de ubicaciones rurales, en países como Malawi, Sudán, Etiopía e India. Cuando las condiciones físicas alcanzan un particular umbral predeterminado en el que está previsto que ocurrán pérdidas significativas –condiciones meteorológicas como valores excesivamente altos o bajos de precipitación acumulada o temperatura– el seguro paga. [9.4.2, 13.3.2, 15.4.4, recuadro 22-1]
Contexto general	<ul style="list-style-type: none"> <li>El seguro de meteorología basada en los índices se considera bien adecuado para el sector agrícola en los países en desarrollo.</li> <li>El mecanismo permite que el riesgo se comparta entre comunidades, con los costos sufragados a lo largo del tiempo, y se venzan al mismo tiempo los obstáculos para la agricultura tradicional y los mercados de seguros en caso de desastre. Se puede integrar con otras estrategias como los programas de microfinanciación y de protección social.</li> <li>Las primas basadas en el riesgo pueden contribuir a alentar las respuestas adaptativas y fomentar la concienciación sobre el riesgo y la reducción de este al aportar incentivos financieros a los asegurados para que reduzcan su perfil de riesgo.</li> <li>Los desafíos pueden estar asociados con disponibilidad limitada de datos meteorológicos precisos y con dificultades para establecer cuáles son las condiciones meteorológicas que causan pérdidas. El riesgo básico (esto es, agricultores que sufren pérdidas pero no reciben compensación debido a los datos meteorológicos) puede hacer que surja la desconfianza. También puede ser difícil aumentar la escala de los regímenes experimentales.</li> <li>El seguro para los programas de trabajo puede permitir que los agricultores pobres en dinero en efectivo trabajen a cambio del pago de las primas por medio de colaborar en proyectos de reducción de los riesgos de desastre identificados por la comunidad.</li> </ul> [10.7.4 a 10.7.6, 13.3.2, 15.4.4, cuadro 10-7, recuadros 22-1 y 25-7]

Continúa en la página siguiente →

**adaptación y a integrar las consideraciones del cambio climático en planes de desarrollo más amplios.** Cabe citar como ejemplos de adaptación en las distintas regiones y contextos los siguientes:

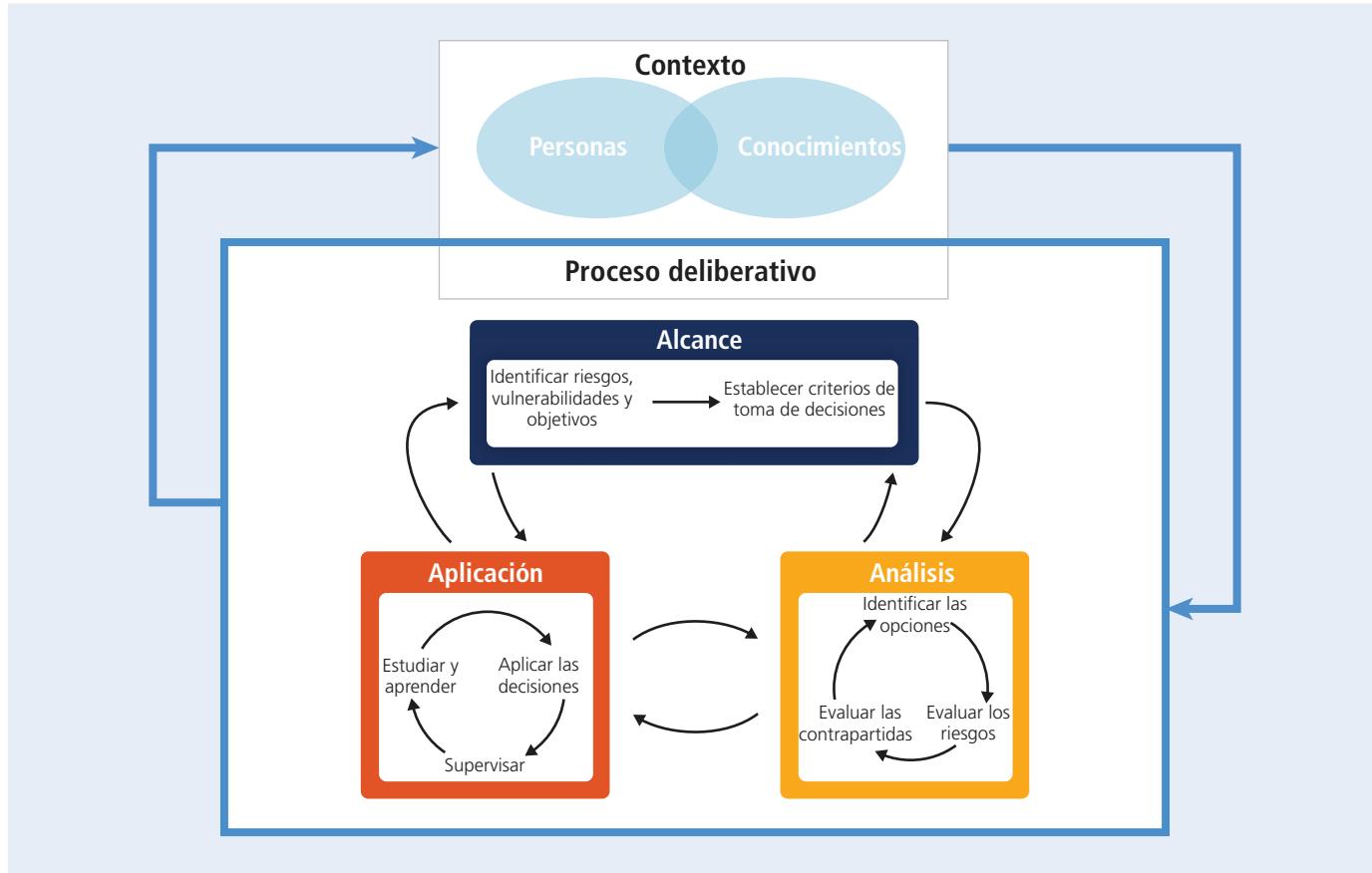
- La adaptación urbana ha puesto de relieve la gestión de riesgos de desastre basada en las ciudades, p. ej. sistemas de alerta temprana e inversiones en infraestructura; adaptación basada en los ecosistemas y tejados verdes (ajardinados); gestión mejorada de tormentas y aguas residuales; agricultura urbana y periorbana que promueve la seguridad alimentaria; protección social mejorada; y vivienda de buena calidad, asequible y bien ubicada (nivel de confianza alto). [8.3, 8.4, 15.4, 26.8, recuadros 25-9, CC-UR y CC-EA]
- Existe un corpus creciente de literatura sobre prácticas de adaptación en las zonas rurales de los países desarrollados y en desarrollo, que incluye documentación sobre experiencia práctica en agricultura, hidrología, silvicultura y biodiversidad y, en menor extensión, pesca (nivel de confianza muy alto). En los países desarrollados y, cada vez más en los países en desarrollo, se cuenta con políticas públicas que apoyan la toma de decisiones en materia de adaptación en las zonas rurales, y también hay ejemplos de adaptaciones privadas llevadas a cabo por particulares, empresas y organizaciones no gubernamentales (ONG) (nivel de confianza alto). Los límites de la adaptación, especialmente pronunciados en los países en desarrollo, se derivan de la falta de acceso al crédito, la tierra, el agua, la tecnología, los mercados, la información y las percepciones de la necesidad de cambio. [9.4, 17.3, cuadros 9-7 y 9-8]
- En África, la mayoría de los gobiernos nacionales están iniciando sistemas de gobernanza para la adaptación (nivel de confianza alto). El progreso en las políticas y estrategias nacionales y subnacionales ha iniciado la asimilación general de la adaptación en la planificación sectorial, pero los marcos institucionales, en proceso de transformación, no pueden aún coordinar de forma eficaz la diversidad de iniciativas de adaptación que se están poniendo en práctica. La gestión de riesgos de desastre, los ajustes en las tecnologías y la infraestructura, los enfoques basados en el ecosistema, las medidas de salud pública básica y la diversificación de los medios de subsistencia están redundando en una menor vulnerabilidad, si bien hasta el momento se trata de iniciativas aisladas. [22.4]
- En Europa se ha desarrollado una política de adaptación a nivel internacional (Unión Europea), nacional y local, con limitada información sistemática sobre la actual implementación o eficacia (nivel de confianza alto). Parte de la planificación de la adaptación se ha integrado en la gestión de las costas y de los recursos hídricos, en la protección ambiental y la planificación territorial, y en la gestión de los riesgos de desastre. [23.7, recuadros 5-1 y 23-3]
- En Asia se facilita la adaptación en algunas esferas mediante la incorporación de las medidas de adaptación climática en los planes de desarrollo subnacionales, los sistemas de alerta temprana, la gestión integrada de los recursos hídricos, la agrosilvicultura y la reforestación costera de manglares (nivel de confianza alto). [24.4 a 24.6, 24.9, recuadro CC-CT]

Cuadro RT.2 (continuación)

Reubicación de industrias agrícolas en Australia	
Exposición y vulnerabilidad	Sensibilidad de los cultivos a los patrones cambiantes de la temperatura, la lluvia y la disponibilidad de agua. [7.3, 7.5.2]
Información climática a escala global	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy probable que disminuya el número de días y noches fríos y aumente el de días y noches cálidos, a escala global, entre 1951 y 2010. [GTI IE5 2.6.1]</li> <li>Nivel de confianza medio en que la duración y la frecuencia de los períodos de calor, incluidas las olas de calor, hayan aumentado a nivel global desde 1950. [GTI IE5 2.6.1]</li> <li>Nivel de confianza medio en el cambio de temperatura en las zonas terrestres a nivel global desde 1950. [GTI IE5 2.5.1]</li> <li>Probable que desde 1950 el número de episodios de precipitación intensa sobre tierra haya aumentado en más regiones que en las que haya disminuido. [GTI IE5 2.6.2]</li> <li>Nivel de confianza bajo en una tendencia observada a escala global en la sequía o sequedad (falta de precipitación). [GTI IE5 2.6.2]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prácticamente seguro que, en la mayoría de los lugares, se producirán más episodios de temperaturas extremas cálidas y menos de temperaturas extremas frías conforme vaya aumentando la temperatura media global, para los episodios calificados de extremos tanto a escalas temporales diarias como estacionales. [GTI IE5 12.4.3]</li> <li>Prácticamente seguro que aumentará la precipitación global conforme aumente la temperatura media global en superficie. [GTI IE5 12.4.1]</li> <li>Probable que, en el marco del escenario RCP8.5, para fines de este siglo disminuya la humedad del suelo y aumente el riesgo de sequía agrícola en las regiones actualmente secas, a escala regional y mundial, con un nivel de confianza medio en las proyecciones. [GTI IE5 12.4.5]</li> <li>Probable que a nivel mundial, para episodios de precipitación de corta duración, se produzca una evolución a más tormentas individuales intensas y a menos tormentas de poca intensidad. [GTI IE5 12.4.5]</li> </ul>
Información climática a escala regional	<p><b>Observado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Valores extremos fríos más raros y valores extremos cálidos más frecuentes e intensos en Australia y Nueva Zelanda desde 1950 (nivel de confianza alto). [cuadro 25-1]</li> <li>Probable aumento en la frecuencia de las olas de calor desde 1950 en grandes partes de Australia. [GTI IE5 2.6.1]</li> <li>Disminución al final del otoño/en invierno de la precipitación en la parte suroccidental de Australia desde la década de 1970 y en la parte suroriental de Australia desde mediados de la década de 1990, y aumento anual en la precipitación en la parte noroccidental de Australia desde la década de 1950 (nivel de confianza muy alto). [cuadro 25-1]</li> <li>Tendencias combinadas o insignificantes en los valores extremos anuales de precipitación diaria, pero tendencia a un aumento significativo en la intensidad anual de fuerte precipitación en los últimos decenios para episodios subsidiarios en Australia (nivel de confianza alto). [cuadro 25-1]</li> </ul> <p><b>Proyectado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Días y noches cálidos más frecuentes y días y noches fríos menos frecuentes durante el siglo XXI en Australia y Nueva Zelanda (nivel de confianza alto). [cuadro 25-1]</li> <li>Disminución anual de la precipitación en la parte suroccidental de Australia (nivel de confianza alto) y en las demás partes del sur de Australia (nivel de confianza medio). Disminuciones más acusadas en la mitad del año invernal (nivel de confianza alto). [cuadro 25-1]</li> <li>Aumento en la mayoría de las regiones de la intensidad de las precipitaciones extremas diarias raras y de las extremas subsidiarias (nivel de confianza medio) en Australia y Nueva Zelanda. [cuadro 25-1]</li> <li>Aumento de la ocurrencia de sequías en el sur de Australia (nivel de confianza medio). [cuadro 25-1]</li> <li>Disminución del espesor y superficie de la nieve en Australia (nivel de confianza muy alto). [cuadro 25-1]</li> <li>Disminución de los recursos de agua dulce en los extremos suroriental y suroccidental de Australia (nivel de confianza alto). [25.5.2]</li> </ul>
Descripción	Las industrias y los agricultores particulares están reubicando parte de sus explotaciones, por ejemplo, para el arroz, el vino o los cacahuetes en Australia, o están cambiando el uso del suelo in situ en respuesta al cambio climático reciente o las expectativas de futuro cambio. Por ejemplo, se ha producido una cierta transformación del pastoreo a la agricultura en el sur de Australia. En otras partes también se ha producido una transformación adaptativa de los cultivos. [7.5.1, 25.7.2, cuadro 9-7, recuadro 25-5]
Contexto general	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consideración de la adaptación transformacional en respuesta a los impactos del cambio climático.</li> <li>Consecuencias positivas o negativas para comunidades amplias en las regiones de origen y de destino. [25.7.2, recuadro 25-5]</li> </ul>

- En Australasia cada vez es más generalizada la adopción de una planificación para la elevación del nivel del mar, y en Australia meridional para la disponibilidad de agua. La planificación para la elevación del nivel del mar ha evolucionado considerablemente en los últimos dos decenios y muestra una diversidad de enfoques, si bien su aplicación sigue siendo fragmentaria (nivel de confianza alto). La capacidad adaptativa es generalmente grande en muchos sistemas humanos, pero para su puesta en práctica se deben salvar grandes obstáculos, especialmente para tener respuestas transformacionales a niveles local y comunitario. [25.4, 25.10, cuadro 25-2, recuadros 25-1, 25-2 y 25-9]
- En América del Norte los gobiernos dirigen sus esfuerzos a la evaluación y planificación de la adaptación progresiva, especialmente a nivel municipal (nivel de confianza alto). Se está produciendo una adaptación proactiva destinada a proteger inversiones a largo plazo en infraestructura energética y pública. [26.7 a 26.9]
- En América Central y del Sur se está llevando a cabo una adaptación basada en el ecosistema que comprende áreas protegidas, acuerdos de conservación y gestión comunitaria de zonas naturales (nivel de confianza alto). En el sector agrícola de algunas zonas se están incorporando variedades de cultivos resilientes, predicciones climáticas y una gestión integrada de los recursos hídricos. [27.3]
- En el Ártico, algunas comunidades han empezado a aplicar estrategias de cogestión adaptativa y a desplegar infraestructura de comunicaciones, combinando conocimientos tradicionales y científicos (nivel de confianza alto). [28.2, 28.4]
- En las islas pequeñas, con atributos físicos y humanos diversos, se ha comprobado que la adaptación basada en la comunidad genera mayores beneficios cuando se aplica en conjunción con otras actividades de desarrollo (nivel de confianza alto). [[29.3, 29.6, cuadro 29-3, figura 29-1]
- Tanto en alta mar como en las zonas costeras, la cooperación internacional y la planificación espacial marina están comenzando a facilitar la adaptación al cambio climático, con limitaciones por problemas de escala espacial y cuestiones de gobernanza (nivel de confianza alto). La adaptación costera observada comprende grandes proyectos (p. ej., estuario del Támesis, laguna de Venecia o Plan Delta) y prácticas específicas en algunos países (p. ej., Países Bajos, Australia o Bangladesh). [5.5, 7.3, 15.4, 30.6, recuadro CC-EA]

En el cuadro RT.2 se muestran ejemplos de cómo los fenómenos climáticos extremos y el cambio climático, así como la exposición y la vulnerabilidad a la escala de la gestión del riesgo, configuran las medidas de adaptación y los enfoques para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia.



**Figura RT.4 |** Adaptación al cambio climático como proceso de gestión iterativa del riesgo con múltiples retroalimentaciones. Las personas y los conocimientos configuran el proceso y sus resultados. [figura 2-1]

### A-3. El contexto de la toma de decisiones

Hace tiempo que la variabilidad y los extremos climáticos son importantes en muchos contextos de toma de decisiones. Los riesgos conexos al clima ahora evolucionan con el tiempo debido al cambio climático y el desarrollo. Esta sección parte de la experiencia actual en la toma de decisiones y la gestión del riesgo, y crea una base para la comprensión de la evaluación que se hace en el informe de los futuros riesgos conexos al clima y las posibles respuestas.

**Responder a los riesgos conexos al clima implica tomar decisiones en un mundo cambiante, con una incertidumbre constante acerca de la gravedad y el momento en que se sentirán los impactos del cambio climático y con límites en la eficacia de la adaptación (nivel de confianza alto).** La gestión iterativa de riesgos es un marco útil para la toma de decisiones en situaciones complejas caracterizadas por importantes consecuencias posibles, incertidumbres persistentes, largos marcos temporales, potencial de aprendizaje, y múltiples influencias climáticas y de otro tipo que varían con el tiempo. Véase la figura RT.4. La evaluación de la gama más amplia posible de posibles impactos, incluidos los resultados de baja probabilidad con grandes consecuencias, es fundamental para la comprensión de los beneficios y las contrapartidas de las medidas alternativas de gestión de riesgos. La complejidad de las medidas de adaptación en todas las

escalas y contextos significa que la supervisión y el aprendizaje son componentes importantes de la adaptación eficaz. [2.1 a 2.4, 3.6, 14.1 a 14.3, 15.2 a 15.4, 16.2 a 16.4, 17.1 a 17.3, 17.5, 20.6, 22.4, 25.4, figura 1-5]

**Las opciones de adaptación y mitigación que se elijan a corto plazo afectarán a los riesgos del cambio climático durante todo el siglo XXI (nivel de confianza alto).** En la figura RT.5 se muestra el calentamiento proyectado con arreglo a un escenario de mitigación de bajas emisiones y un escenario de altas emisiones (trayectorias de concentración representativas 2,6 y 8,5), junto con los cambios de temperatura observados. Los beneficios de la adaptación y mitigación se dan en marcos cronológicos diferentes pero solapados. El aumento proyectado de la temperatura global en los próximos decenios es similar en todos los escenarios de emisiones (figura RT.5A, gráfico central) (GTI IE5 sección 11.3). Durante este período de cambio climático asegurado, los riesgos irán variando conforme interactúen las tendencias socioeconómicas con el clima cambiante. Las respuestas sociales, en particular las adaptaciones, influirán en los resultados a corto plazo. En la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente, el aumento de la temperatura global diverge en los distintos escenarios de emisiones (figura RT.5A, gráficos superior e inferior) (GTI IE5 sección 12.4 y cuadro RRP.2). Durante este período a más largo plazo de opciones climáticas, la adaptación y mitigación a corto y largo plazo, al igual que las trayectorias de desarrollo, determinarán los riesgos del cambio climático. [2.5, 21.2, 21.3, 21.5, recuadro CC-CR]

**La evaluación de los riesgos en GTII IE5 se basa en diversos tipos de evidencia. El juicio experto se utiliza para integrar la evidencia en las evaluaciones de los riesgos.** Entre los tipos de evidencia cabe mencionar, por ejemplo, las observaciones empíricas, los resultados experimentales, la comprensión basada en los procesos, los métodos estadísticos y los modelos de simulación y descriptivos. Los futuros riesgos en relación con el cambio climático varían sustancialmente entre las distintas trayectorias de desarrollo plausibles, y la importancia relativa del desarrollo y el cambio climático varían según los distintos sectores, regiones y períodos temporales (*nivel de confianza alto*). Los escenarios son herramientas útiles para caracterizar las posibles futuras trayectorias socioeconómicas, el cambio climático y sus riesgos, y las implicaciones de las políticas. Las proyecciones de los modelos climáticos que informan sobre las evaluaciones de los riesgos en el presente informe están generalmente basadas en las trayectorias de concentración representativas (RCP) (figura RT.5), así como en los antiguos escenarios del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE) del IPCC. [1.1, 1.3, 2.2, 2.3, 19.6, 20.2, 21.3, 21.5, 26.2, recuadro CC-CR; GTI IE5 recuadro RRP.1]

**Los escenarios se pueden dividir entre los que exploran cómo se presenta el futuro bajo distintos impulsores (exploración de problemas) y los que comprueban cómo las distintas intervenciones pueden ser válidas (exploración de soluciones) (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** Los enfoques de adaptación abordan incertidumbres asociadas con futuras condiciones climáticas y socioeconómicas y con la diversidad de contextos específicos (evidencia media, nivel de acuerdo alto). Si bien muchos estudios nacionales identifican una variedad de estrategias y enfoques para la adaptación, estos se pueden clasificar en dos amplias categorías: enfoques “de arriba abajo” y “de abajo arriba”. El enfoque de arriba abajo es un enfoque de impacto del escenario, que consta de proyecciones climáticas a escala reducida, evaluaciones del impacto y formulación de estrategias y opciones. El enfoque de abajo arriba es un enfoque de umbral de vulnerabilidad, que empieza con la identificación de vulnerabilidades, sensibilidades y umbrales para sectores o comunidades específicos. Las evaluaciones iterativas de los impactos y la adaptación en el enfoque de arriba abajo y la construcción de la capacidad adaptativa de las comunidades locales son estrategias habituales de respuesta a las incertidumbres. [2.2, 2.3, 15.3]

**Las incertidumbres sobre las futuras vulnerabilidad, exposición y respuestas de los sistemas humanos y naturales interconectados son grandes (nivel de confianza alto).** Debido a ello, para las evaluaciones de los riesgos se precisa el estudio de una gran variedad de futuros socioeconómicos. Resulta complicada la comprensión de las futuras vulnerabilidad, exposición y capacidad de respuesta de los sistemas humanos y naturales interconectados debido al número de factores sociales, económicos y culturales que interactúan entre sí y que hasta ahora se han considerado sin exhaustividad. Entre esos factores cabe destacar la riqueza y su distribución en la sociedad, la demografía, la migración, el acceso a la tecnología y la información, los modelos de empleo, la calidad de las respuestas adaptativas, los valores sociales, las estructuras de gobernanza y las instituciones para la resolución de conflictos. Las dimensiones internacionales como el comercio y las relaciones entre los Estados también son importantes para comprender los riesgos del cambio climático a escalas regionales. [11.3, 12.6, 21.3 a 21.5, 25.3, 25.4, 25.11, 26.2]

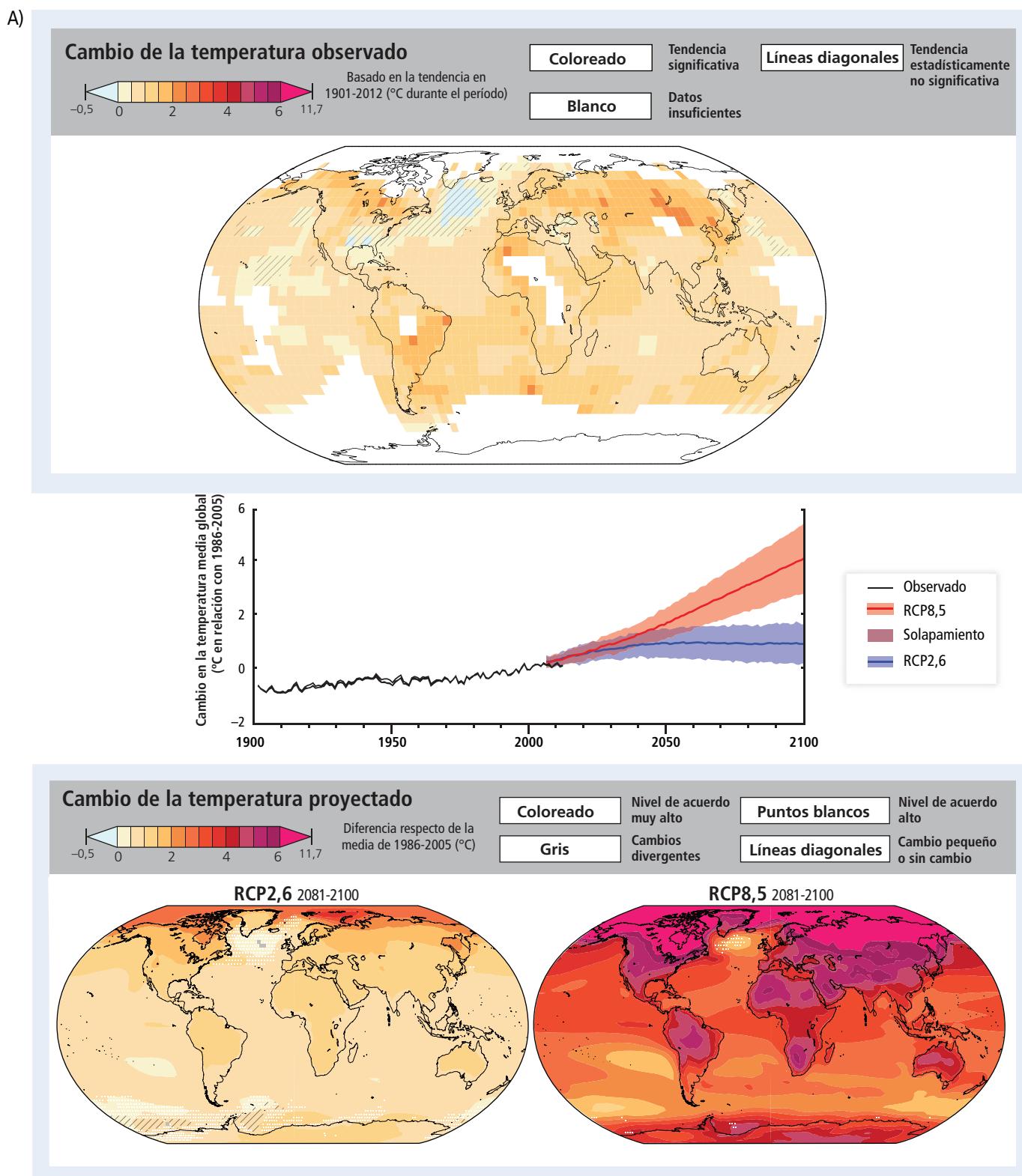
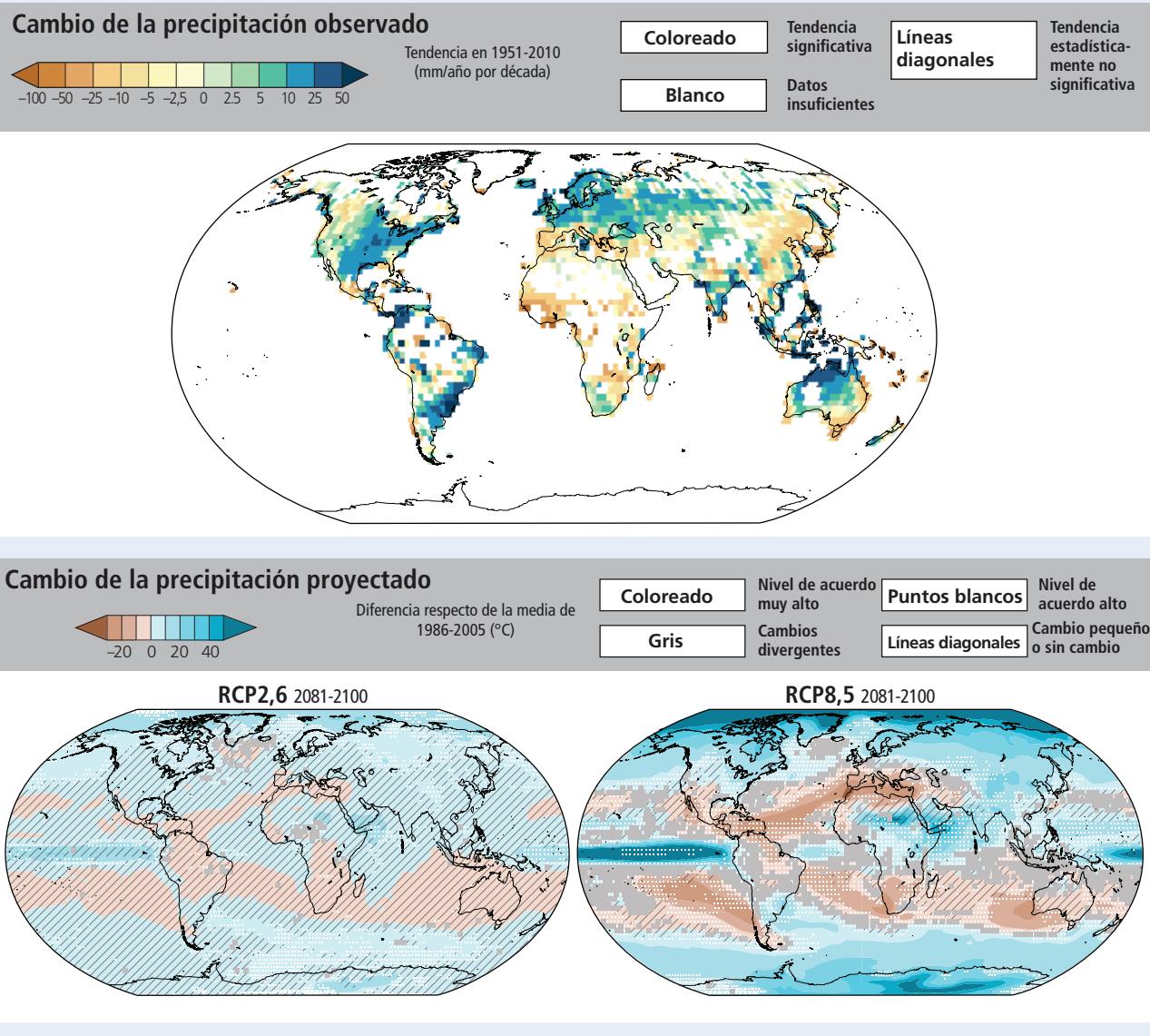


Figura RT.5

Continúa en la página siguiente →

Figura RT.5 (continuación)

B)



**Figura RT.5** | Cambios observados y proyectados en la temperatura media anual en superficie (A) y la precipitación anual (B). Esta figura muestra la comprensión de los riesgos conexos al clima en GTI IE5. Señala los cambios observados hasta la fecha y los cambios proyectados con emisiones altas continuadas y con una mitigación ambiciosa.

**Detalles técnicos:** (A, gráfico superior) Mapa del cambio observado en la temperatura media anual en el período 1901-2012, derivado de una tendencia lineal. Los datos observados (rango de los valores en los puntos de la retícula: -0,53 a 2,50 °C durante el período) provienen de las figuras RRP.1 y 2.21 de GTI IE5. (B, gráfico superior) Mapa del cambio observado en la precipitación anual en el período 1951-2010, derivado de una tendencia lineal. Los datos observados (rango de los valores en los puntos de la retícula: -185 a 111 mm/año por década) provienen de las figuras RRP.2 y 2.29 de GTI IE5. Para la temperatura y la precipitación observadas, las tendencias se han calculado en los casos en que se contó con suficientes datos para obtener una estimación sólida (es decir, únicamente en los casos en que se dispuso de registros completos superiores al 70% para los recuadros de la retícula y con disponibilidad de datos superior al 20% en los deciles primero y último del período temporal). Las demás áreas se muestran en blanco. Las áreas coloreadas indican tendencias significativas al nivel del 10%. Las líneas diagonales indican áreas donde las tendencias no son significativas. (A, gráfico central) Temperatura media anual global observada y futura proyectada en relación con 1986-2005. El calentamiento observado desde el período 1850-1900 al período 1986-2005 es de 0,61 °C (intervalo de confianza del 5%-95%: 0,55 a 0,67 °C). Las líneas en negro muestran las estimaciones de temperatura de tres conjuntos de datos. Las líneas azul y roja y el sombreado indican la media y el rango de  $\pm 1,64$  desviaciones típicas del conjunto, sobre la base de las simulaciones de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) a partir de 32 modelos para el escenario RCP2,6 y de 39 modelos para RCP8,5. (A y B, gráfico inferior) Proyecciones de la media multimodelos de la CMIP5 de los cambios en la temperatura media anual (A) y cambios porcentuales medios en la precipitación media anual (B) para 2081-2100 con arreglo a los escenarios RCP2,6 y RCP8,5, en relación con 1986-2005. Las áreas coloreadas indican un nivel de acuerdo muy alto, siendo el cambio en la media multimodelos mayor del doble de la variabilidad de referencia (variabilidad interna natural en medias de 20 años) y  $\geq 90\%$  de los modelos concuerdan en el signo de cambio. Los colores con puntos blancos indican áreas con un alto nivel de acuerdo, donde  $\geq 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia y  $\geq 66\%$  de los modelos concuerdan en el signo de cambio. El color gris indica áreas con cambios divergentes, donde  $\geq 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia, pero  $<66\%$  concuerdan en el signo de cambio. Las áreas coloreadas con líneas diagonales indican áreas que experimentan pocos o ningún cambio, donde  $<66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia, aunque puede que se dé un cambio significativo a escalas temporales más cortas como estaciones, meses o días. Para las proyecciones de temperatura, en el análisis se han empleado los datos de los modelos (rango de los valores en los puntos de la retícula en RCP2,6 y RCP8,5: 0,06 a 11,71 °C) de GTI IE5 figura RRP.8. Para las proyecciones de precipitación, en el análisis se han empleado los datos de los modelos (rango de los valores en los puntos de la retícula: -9 al 22% para RCP2,6 y -34 al 112% para RCP8,5) de GTI IE5 figura RRP.8, recuadro 12.1, y anexo I. En el recuadro CC-CR se ofrece una descripción completa de los métodos utilizados. Véase también el anexo I de GTI IE5. [recuadros 21-2 y CC-CR; GTI IE5 2.4 y 2.5, figuras RRP.1, RRP.2, RRP.7, RRP.8, 2.21 y 2.29]

## B: FUTUROS RIESGOS Y OPORTUNIDADES EN RELACIÓN CON LA ADAPTACIÓN

En esta sección se presentan los futuros riesgos y los beneficios potenciales más limitados en los sectores y las regiones, y para ello se examina cómo resultan afectados estos por la magnitud y el ritmo del cambio climático y por las decisiones socioeconómicas. Asimismo se evalúan las posibilidades de reducción de los impactos y de gestión de los riesgos mediante la adaptación y mitigación. También se examina la distribución de riesgos entre la población con una comparación de la vulnerabilidad y la capacidad adaptativa, entre sectores en los que los parámetros para cuantificar los impactos pueden ser muy diferentes, y entre regiones con diversas tradiciones y recursos. Se evalúan las interacciones entre los sectores y las regiones y entre el cambio climático y otros factores de estrés. Para los diferentes sectores y regiones, en la sección se describen los riesgos y los beneficios potenciales en los próximos decenios, el período a corto plazo de cambio climático asegurado. En este plazo, el aumento de la temperatura global proyectado es similar en todos los escenarios de emisión. En la sección también se ofrece información sobre los riesgos y beneficios potenciales en la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente, el período a largo plazo de opciones climáticas. En este plazo más largo, el aumento de la temperatura global diverge en los distintos escenarios de emisión, y la evaluación distingue posibles resultados para un aumento de la temperatura media global de 2 °C y 4 °C por encima de los niveles preindustriales. En la sección se explica cómo y cuándo las opciones elegidas son importantes en la

reducción de los futuros riesgos, lo que pone de relieve los distintos marcos temporales para los beneficios derivados de la mitigación y la adaptación.

### B-1. Riesgos clave en los sectores y las regiones

Los riesgos clave son impactos potencialmente severos en relación con el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que se refiere a las “interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”. Los riesgos se consideran clave por una peligrosidad alta o por una vulnerabilidad alta de las sociedades y los sistemas expuestos, o por ambas. La identificación de los riesgos clave se ha basado en el juicio experto utilizando los siguientes criterios específicos: gran magnitud, alta probabilidad o irreversibilidad de los impactos; momento de los impactos; vulnerabilidad persistente o exposición que contribuyen a los riesgos, o posibilidades limitadas para reducir los riesgos mediante la adaptación o la mitigación. Los riesgos clave se enmarcan en cinco motivos de preocupación (MDP) complementarios y generales en el recuadro RT.5.

**Los riesgos clave que siguen, catalogados con un nivel de confianza alto, abarcan todos los sectores y regiones. Cada uno de esos riesgos clave contribuye a uno o varios de los motivos de preocupación (MDP).** Los números romanos corresponden a entradas en el cuadro RT.3, que además muestra ejemplos e interacciones pertinentes. [19.2 a 19.4, 19.6, cuadro 19-4, recuadros 19-2 y CC-RC]

**Cuadro RT.3 |** Selección de los peligros, vulnerabilidades clave, riesgos clave y riesgos emergentes identificados en los capítulos de este informe. Los ejemplos destacan la complejidad de los riesgos determinados por los diversos peligros relacionados con el clima, los factores de estrés no climáticos y las vulnerabilidades multifacéticas que interactúan entre sí (véase también la figura RT.1). Surgen vulnerabilidades que se señalan como claves cuando la exposición a los peligros se combina con una vulnerabilidad social, institucional, económica o ambiental, tal como indican los iconos del cuadro. Los riesgos emergentes surgen a raíz de complejas interacciones sistémicas. Los números romanos corresponden a riesgos clave enumerados en la sección B-1. [19.6, cuadro 19-4]

Nº	Peligro	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes
i	Elevación del nivel del mar e inundaciones costeras, incluidas mareas meteorológicas  [5.4.3, 8.1.4, 8.2.3, 8.2.4, 13.1.4, 13.2.2, 24.4, 24.5, 26.7, 26.8, 29.3, 30.3.1, recuadros 25-1 y 25-7; GTI IE5 3.7, 13.5, cuadro 13-5]	Alta exposición de las personas, la actividad económica y la infraestructura en las zonas costeras bajas y pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID) y otras islas pequeñas  Población urbana sin protección debido a una vivienda deficiente y un seguro inadecuado.  Población rural marginada con pobreza multidimensional y medios de subsistencia alternativos limitados  Insuficiente atención de los gobiernos locales en la reducción del riesgo	Muerte, lesión y perturbación de los medios de subsistencia, los suministros de alimentos y el agua potable  Pérdida de los recursos de uso común, el sentido de pertenencia al lugar y la identidad, especialmente entre la población indígena en las zonas costeras rurales	Interacción de la rápida urbanización, la elevación del nivel del mar, el aumento de la actividad económica, la desaparición de recursos naturales y los límites del seguro; carga de la gestión del riesgo trasladada del Estado a quienes están en situación de riesgo, lo que conduce a desigualdad
ii	Precipitación extrema e inundaciones tierra adentro  [3.2.7, 3.4.8, 8.2.3, 8.2.4, 13.2.1, 25.10, 26.3, 26.7, 26.8, 27.3.5, recuadro 25-8; GTI IE5 11.3.2]	Gran número de personas expuestas en zonas urbanas a episodios de inundación, especialmente en asentamientos informales con población de bajos ingresos  Infraestructura de drenaje urbano sobrecargada, obsoleta, mal mantenida e inadecuada y capacidad limitada para salir adelante y adaptarse debido a la marginación, la gran pobreza y los roles de género impuestos por la cultura  Insuficiente atención gubernamental en la reducción del riesgo	Muerte, lesión y perturbación de la seguridad humana, especialmente entre los niños, los mayores y las personas con discapacidad	Interacción de la frecuencia creciente de precipitación intensa, la urbanización y los límites del seguro; carga de la gestión del riesgo trasladada del Estado a quienes están en situación de riesgo, lo que conduce a mayor desigualdad, activos degradados debido a daños en la infraestructura, abandono de distritos urbanos y creación de trampas espaciales de alto riesgo/alta pobreza
iii	Peligros nuevos que producen riesgos sistemáticos  [8.1.4, 8.2.4, 10.2, 10.3, 12.6, 23.9, 25.10, 26.7, 26.8; GTI IE5 11.3.2]	Poblaciones e infraestructura expuestos y sin experiencia histórica con estos peligros  Descuidados la planificación de la gestión y el diseño de infraestructura específicos del riesgo y/o baja capacidad de predicción	Fallo de los sistemas acoplados al sistema de suministro de energía eléctrica, p. ej., sistemas de drenaje que dependen de bombas eléctricas o servicios de emergencia que dependen de las telecomunicaciones. Colapso de los servicios de salud y emergencia en casos de episodios extremos	Interacciones debidas a la dependencia de sistemas acoplados, lo que conduce a la amplificación de los impactos de los episodios extremos. La menor cohesión social debida a la pérdida de fe en las instituciones administrativas socava la preparación y la capacidad de respuesta
iv	Mayor frecuencia e intensidad del calor extremo, incluido el efecto de isla de calor urbana  [8.2.3, 11.3, 11.4.1, 13.2, 23.5.1, 24.4.6, 25.8.1, 26.6, 26.8, recuadro CC-EC; GTI IE5 11.3.2]	Mayor población urbana de mayores, jóvenes, embarazadas y personas con problemas crónicos de salud en los asentamientos sometidos a altas temperaturas  Incapacidad de las organizaciones locales que ofrecen servicios de salud y emergencia y servicios sociales para que los grupos sociales se adapten a los nuevos niveles de riesgo	Mayor mortalidad y morbilidad durante los períodos de calor extremo	Interacción de los cambios demográficos con los cambios en las temperaturas extremas regionales, el efecto local de isla de calor y la contaminación atmosférica  Sobrecarga de los servicios de salud y de emergencia. Mayor mortalidad, morbilidad y productividad entre los trabajadores manuales en los climas cálidos

- i) Riesgo de muerte, lesión, mala salud o desorganización de los medios de subsistencia en zonas costeras bajas y pequeños Estados insulares en desarrollo y otras islas pequeñas, debido a mareas meteorológicas, inundaciones costeras y elevación del nivel del mar. Véanse los motivos de preocupación 1 a 5. [5.4, 8.2, 13.2, 19.2 a 19.4, 19.6, 19.7, 24.4, 24.5, 26.7, 26.8, 29.3, 30.3, cuadros 19-4 y 26-1, figura 26-2, recuadros 25-1, 25-7 y CC-RC]
- ii) Riesgo de mala salud grave y desorganización de los medios de subsistencia para grandes poblaciones urbanas debido a inundaciones continentales en algunas regiones. Véanse los motivos de preocupación 2 y 3. [3.4, 3.5, 8.2, 13.2, 19.6, 25.10, 26.3, 26.8, 27.3, cuadros 19-4 y 26-1, recuadros 25-8 y CC-RC]
- iii) Riesgos sistémicos debido a episodios meteorológicos extremos que provocan el colapso de redes de infraestructuras y servicios esenciales como la electricidad, el suministro de agua y servicios de salud y de emergencia. Véanse los motivos de preocupación 2 a 4.
- [5.4, 8.1, 8.2, 9.3, 10.2, 10.3, 12.6, 19.6, 23.9, 25.10, 26.7, 26.8, 28.3, cuadro 19-4, recuadros CC-RC y CC-EC]
- iv) Riesgo de mayor mortalidad y morbilidad durante períodos de calor extremo, particularmente para poblaciones urbanas vulnerables y personas que trabajan en el exterior en zonas urbanas y rurales. Véanse los motivos de preocupación 2 y 3. [8.1, 8.2, 11.3, 11.4, 11.6, 13.2, 19.3, 19.6, 23.5, 24.4, 25.8, 26.6, 26.8, cuadros 19-4 y 26-1, recuadros CC-RC y CC-EC]
- v) Riesgo de seguridad alimentaria y fallo de los sistemas alimentarios relacionados con la variabilidad y los extremos del calentamiento, la sequía, la inundación y la precipitación, en particular para las poblaciones pobres de los entornos urbanos y rurales. Véanse los motivos de preocupación 2 a 4. [3.5, 7.4, 7.5, 8.2, 8.3, 9.3, 11.3, 11.6, 13.2, 19.3, 19.4, 19.6, 22.3, 24.4, 25.5, 25.7, 26.5, 26.8, 27.3, 28.2, 28.4, cuadro 19-4, recuadro CC-RC]

Cuadro RT.3 (continuación)

Nº	Peligro	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes
v	Calentamiento, sequía y variabilidad de la precipitación [7.3 a 7.5, 11.3, 11.6.1, 13.2, 19.3.2, 19.4.1, 22.3.4, 24.4, 26.8, 27.3.4; GTI IE5 11.3.2]	Las poblaciones pobres en los entornos urbanos y rurales son susceptibles de padecer la inseguridad alimentaria resultante; se incluyen en particular los agricultores que son compradores netos de alimentos y personas de bajos ingresos con economías dependientes de la agricultura que son importadoras netas de alimentos. Limitada capacidad entre los mayores y las mujeres cabezas de familia a salir adelante	 	Riesgo de daño y pérdida de vidas debido a la inversión de la marcha del progreso para reducir la malnutrición
vi	Sequía [3.2.7, 3.4.8, 3.5.1, 8.2.3, 8.2.4, 9.3.3, 9.3.5, 13.2.1, 19.3.2, 24.4, 25.7, recuadro 25-5; GTI IE5 12.4.1, 12.4.5]	Poblaciones urbanas con servicios de agua inadecuados. Escaseces de agua existentes (y suministros irregulares) y limitaciones en el aumento de los suministros  Falta de capacidad y resiliencia en los regímenes de gestión del agua, incluidos vínculos entre las zonas rurales y urbanas	 	Insuficiente suministro de agua para las personas y la industria, lo que produce daños graves e impactos económicos
		Agricultores con pocos medios en tierras secas o pastores con insuficiente acceso a agua potable y agua para el riego  Capacidad limitada para compensar las pérdidas en los sistemas agrícolas y ganaderos dependientes del agua, y conflictos por los recursos naturales  Falta de capacidad y resiliencia en los regímenes de gestión del agua, política del suelo inadecuada y percepción errónea y destrucción de los medios de subsistencia de los pastores	  	Pérdida de productividad agrícola e/ó ingresos de las personas rurales. Destrucción de medios de subsistencia, en particular para quienes tienen dependencia de la agricultura que requiere mucha agua. Riesgo de inseguridad alimentaria
vii	Aumento de la temperatura del océano, acidificación del océano y pérdida de hielo marino en el Ártico [5.4.2, 6.3.1, 6.3.2, 7.4.2, 9.3.5, 22.3.2, 24.4, 25.6, 27.3.3, 28.2, 28.3, 29.3.1, 30.5, 30.6, recuadros CC-AO y CC-AC; GTI IE5 11.3.3]	Alta sensibilidad de los arrecifes de coral de aguas cálidas y sus respectivos servicios ecosistémicos para las comunidades costeras; alta sensibilidad de los sistemas polares, por ejemplo a las especies invasoras  Sensibilidad de las comunidades pesqueras costeras y de los PEID que dependen de esos servicios ecosistémicos; y de los asentamientos y la cultura del Ártico	  	Pérdida de la cubierta de coral, especies árticas y ecosistemas conexos con reducción de la biodiversidad y pérdidas potenciales de importantes servicios ecosistémicos. Riesgo de pérdida de especies endémicas, combinación de tipos de ecosistemas y mayor dominancia de organismos invasores
viii	Aumento de las temperaturas terrestres y cambios en los patrones de precipitación y en la frecuencia e intensidad del calor extremo [4.3.4, 19.3.2, 22.4.5, 27.3, recuadros 23-1 y CC-AE; GTI IE5 11.3.2]	Sensibilidad de los sistemas humanos, agroecosistemas y ecosistemas naturales a: 1) pérdida de regulación de plagas y enfermedades, incendios, deslizamiento de tierra, erosión, inundaciones, avalanchas, calidad del agua y clima local; 2) pérdida de provisión de alimentos, ganadería, fibra y bioenergía; 3) pérdida de recreación, turismo, valores de estética y patrimonio, y biodiversidad	 	Disminución de la biodiversidad y pérdidas potenciales de importantes servicios ecosistémicos. Riesgo de pérdida de especies endémicas, combinación de tipos de ecosistemas y mayor dominancia de organismos invasores
				Interacción de los sistemas sociales y ecológicos con pérdida de los servicios ecosistémicos de los que dependen



Vulnerabilidad social



Vulnerabilidad económica



Vulnerabilidad ambiental



Vulnerabilidad institucional



Exposición

## Recuadro RT.5 | Interferencia humana en el sistema climático

La influencia humana en el sistema climático es clara (GTI IE5 RRP sección D.3; GTI IE5 secciones 2.2, 6.3, 10.3 a 10.6, 10.9). Sin embargo, determinar si esa influencia constituye una “interferencia antropógena peligrosa” en los términos del artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) implica tanto la evaluación del riesgo como juicios de valor. La evaluación científica puede describir los riesgos basándose en la probabilidad, magnitud y alcance de posibles consecuencias del cambio climático. La ciencia también puede evaluar los riesgos en función del espacio y el tiempo en las trayectorias de desarrollo alternativas, las cuales afectan a la vulnerabilidad, la exposición y el nivel de cambio del clima. Para interpretar el peligro potencial de los riesgos, sin embargo, también es necesario que distintas personas con diferentes objetivos y visiones del mundo realicen juicios de valor. Los juicios sobre los riesgos del cambio climático dependen de la relativa importancia que se dé a los activos económicos frente a los activos ecosistémicos, al presente frente al futuro y a la distribución frente a la acumulación de los impactos. Desde algunas perspectivas, los impactos del cambio climático aislados o infrecuentes pueden no alcanzar el nivel de interferencia antropógena peligrosa, pero la acumulación de algunas clases de impactos podría alcanzarlo, al generalizarse, hacerse más frecuentes o agravarse. El ritmo del cambio climático también puede influir en los riesgos. En este informe se evalúan los riesgos en los distintos contextos y a lo largo del tiempo, con lo que se ofrece una base para tener elementos de juicio sobre el nivel del cambio climático en el que los riesgos se tornan peligrosos.

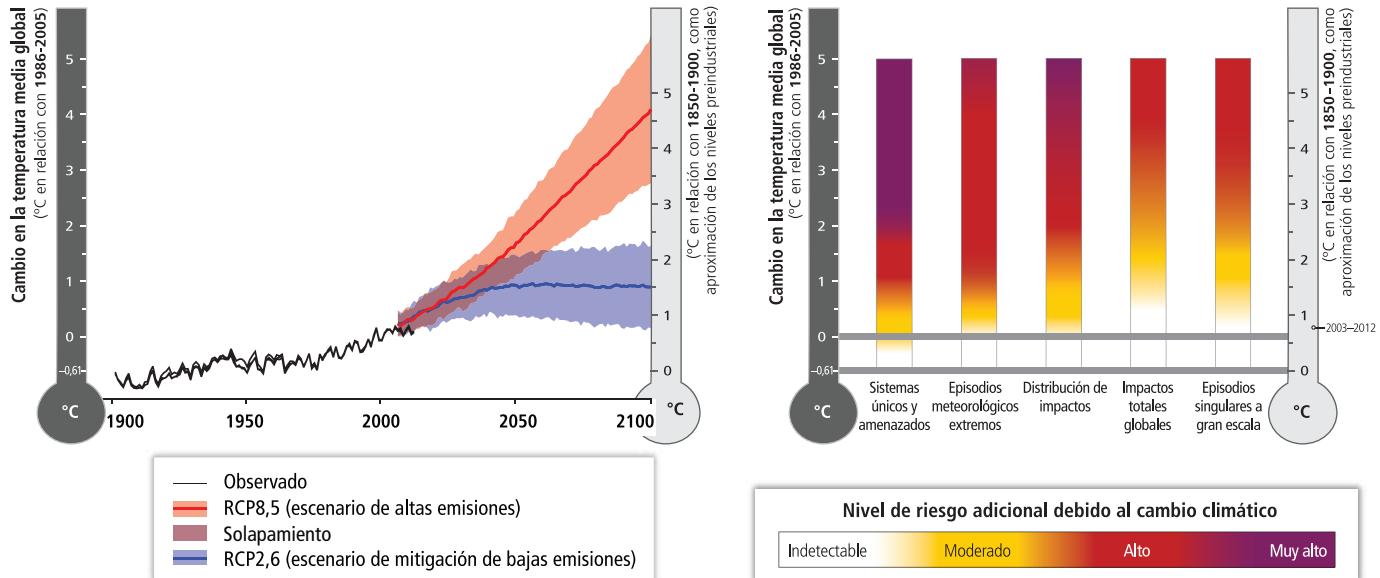
**Cinco motivos de preocupación integradores proporcionan un marco para resumir los riesgos clave en los diversos sectores y regiones.** Señalados por primera vez en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, los motivos de preocupación (MDP) muestran las consecuencias del calentamiento y los límites de adaptación para las personas, las economías y los ecosistemas. Suponen un punto de partida para la evaluación de la interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático. Los riesgos conexos a cada motivo de preocupación, actualizados con arreglo a la evaluación de la literatura y los juicios expertos, se presentan a continuación en la figura 1 del recuadro RT.5. Todas las temperaturas a continuación se dan como cambio de la temperatura media global en relación con el período 1986-2005 (“reciente”).<sup>1</sup> [18.6, 19.6]

- 1) **Sistemas únicos y amenazados:** algunos sistemas únicos y amenazados, incluidos los ecosistemas y las culturas, ya están en situación de riesgo a causa del cambio climático (*nivel de confianza alto*). El número de tales sistemas en situación de riesgo de graves consecuencias es mayor en caso de que se produzca un calentamiento adicional de alrededor de 1 °C. Muchas especies y sistemas con capacidad adaptativa limitada están sujetos a riesgos muy altos en caso de que se produzca un calentamiento adicional de 2 °C, especialmente el hielo marino del Ártico y los sistemas de arrecifes de coral.
- 2) **Episodios meteorológicos extremos:** Los riesgos conexos al cambio climático derivados de episodios extremos, como olas de calor, precipitación extrema e inundaciones costeras, ya son entre moderados (*nivel de confianza alto*) y altos en caso de producirse un calentamiento adicional de 1 °C (*nivel de confianza medio*). Los riesgos asociados a algunos tipos de episodios extremos (p. ej., calor extremo) se intensifican con mayores temperaturas (*nivel de confianza alto*).
- 3) **Distribución de los impactos:** Los riesgos se distribuyen de forma dispar y son generalmente mayores para las personas y comunidades desfavorecidas de los países sea cual sea el nivel de desarrollo de estos. Los riesgos ya son moderados debido a los diferentes impactos del cambio climático en las distintas regiones sobre la producción agrícola en particular (*nivel de confianza medio a alto*). Sobre la base de las disminuciones proyectadas en los rendimientos de los cultivos y la disponibilidad de agua en las regiones, los riesgos de impactos distribuidos desigualmente son altos para un calentamiento adicional por encima de 2 °C (*nivel de confianza medio*).
- 4) **Impactos totales a nivel global:** Los riesgos de impactos totales a nivel global son moderados para un calentamiento adicional entre 1 y 2 °C, lo que refleja tanto los impactos en la biodiversidad de la Tierra como en la economía general global (*nivel de confianza medio*). El riesgo de pérdida amplia de biodiversidad con destrucción conexa de bienes y servicios ecosistémicos es alto en caso de un calentamiento adicional de alrededor de 3 °C (*nivel de confianza alto*). Los daños económicos totales se aceleran con el aumento de la temperatura (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*), pero son pocas las estimaciones cuantitativas completadas para un calentamiento adicional de 3 °C o superior.
- 5) **Episodios singulares a gran escala:** Con un aumento del calentamiento, algunos sistemas físicos o ecosistemas pueden pasar a una situación de riesgo de cambios abruptos e irreversibles. Los riesgos asociados a esos puntos críticos pasan a ser moderados con un calentamiento adicional entre 0 y 1 °C, según indican las tempranas señales de alerta de que tanto los arrecifes de coral de aguas cálidas como los ecosistemas árticos ya están experimentando cambios irreversibles en sus regímenes (*nivel de confianza medio*). Los riesgos aumentan desproporcionadamente conforme se eleva el calentamiento entre 1 y 2 °C y supera los 3 °C, debido al potencial de gran e irreversible elevación del nivel del mar por la pérdida de los manto de hielo. Para un calentamiento sostenido por encima de un determinado umbral,<sup>2</sup> la pérdida casi completa del manto de hielo de Groenlandia se produciría tras un milenio o más y contribuiría a una elevación del nivel medio global del mar de hasta 7 m.

Continúa en la página siguiente →

<sup>1</sup> El calentamiento observado de 1850-1900 a 1986-2005 es de 0,61 °C (intervalo de confianza del 5%-95%: 0,55 a 0,67 °C). [GTI IE5 2.4]

<sup>2</sup> Las estimaciones actuales indican que este umbral es mayor que aproximadamente 1 °C (*nivel de confianza bajo*) pero menor que aproximadamente 4 °C (*nivel de confianza medio*) de calentamiento medio global sostenido por encima de niveles preindustriales. [GTI IE5 RRP, 5.8, 13.4, 13.5]



- vi) Riesgo de pérdida de medios de subsistencia e ingresos en las zonas rurales debido a insuficiente acceso al agua potable y agua para el riego y a una reducida productividad agrícola, en particular para los agricultores y ganaderos con poco capital en las regiones semiáridas. Véanse los motivos de preocupación 2 y 3. [3.4, 3.5, 9.3, 12.2, 13.2, 19.3, 19.6, 24.4, 25.7, 26.8, cuadro 19-4, recuadros 25-5 y CC-RC]
- vii) Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad marinos y costeros, y los bienes, funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan para obtener medios de subsistencia en la costa, especialmente para las comunidades pesqueras en los trópicos y en el Ártico. Véanse los motivos de preocupación 1, 2 y 4. [5.4, 6.3, 7.4, 9.3, 19.5, 19.6, 22.3, 25.6, 27.3, 28.2, 28.3, 29.3, 30.5 a 30.7, cuadro 19-4, recuadros CC-AO, CC-AC, CC-RC y CC-EC]
- viii) Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad acuáticas terrestres y continentales, y los bienes, funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan para los medios de subsistencia. Véanse los motivos de preocupación 1, 3 y 4. [4.3, 9.3, 19.3 a 19.6, 22.3, 25.6, 27.3, 28.2, 28.3, cuadro 19-4, recuadros CC-RC y CC-AE]

Muchos riesgos clave constituyen retos particulares para los países menos adelantados y las comunidades vulnerables, dada la limitada capacidad de que disponen para afrontarlos.

**Las crecientes magnitudes del calentamiento hacen que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles.** Algunos riesgos del cambio climático son considerables con

1 o 2 °C por encima de los niveles preindustriales (tal como se muestra en el recuadro RT.5). Existe un riesgo de cambio climático global entre alto y muy alto con un aumento de la temperatura media global de 4 °C o más por encima de los niveles preindustriales en todos los motivos de preocupación (recuadro RT.5), cambio que conlleva impactos graves y generalizados en sistemas únicos y amenazados, importantes extinciones de especies, grandes riesgos para la seguridad alimentaria global y regional, y una combinación de alta temperatura y humedad que pone en riesgo las actividades humanas normales, entre ellas actividades de producción de alimentos o el trabajo en el exterior en algunas zonas durante ciertos períodos del año (*nivel de confianza alto*). Véase el recuadro RT.6. Los niveles precisos de cambio climático suficientes para activar puntos críticos (umbral de cambio abrupto e irreversible) siguen siendo inciertos, pero el riesgo asociado a traspasar varios puntos críticos en el sistema Tierra o en los sistemas humanos y naturales interconectados aumenta a mayor temperatura (*nivel de confianza medio*). [4.2, 4.3, 11.8, 19.5, 19.7, 26.5, recuadro CC-EC]

**Los riesgos generales de impactos por el cambio climático se pueden reducir si se limita el ritmo y la magnitud del cambio climático.** Los riesgos se reducen sustancialmente en el escenario evaluado con las proyecciones de menor temperatura (RCP2.6 – emisiones bajas) en comparación con las proyecciones de mayor temperatura (RCP8.5 – emisiones altas), sobre todo en la segunda mitad del siglo XXI (*nivel de confianza muy alto*). Ejemplos de ello son el riesgo reducido de impactos negativos en el rendimiento agrícola, de escasez de

## Recuadro RT.6 | Consecuencias de un gran aumento de temperatura

En este recuadro se ofrece una selección de impactos perceptibles de cambio climático proyectados para un gran aumento de la temperatura. Los niveles de aviso que aquí se describen (p. ej., 4 °C de calentamiento) se refieren, a menos que se indique otra cosa, a un aumento en la temperatura media global por encima de los niveles preindustriales.

Con un calentamiento de 4 °C, las proyecciones indican que el cambio climático será un motor cada vez más importante de impactos en los ecosistemas, llegando a ser comparable con el cambio de uso del suelo. [4.2, 19.5] Hay varios estudios cuyas proyecciones apuntan a grandes aumentos en estrés hídrico, suministro de aguas subterráneas y sequía en una serie de regiones donde el calentamiento superará los 4 °C, y a disminuciones en otras regiones, lo que hará en general que las regiones que ya sean áridas padecan un mayor estrés hídrico. [19.5]

Los riesgos de episodios singulares a gran escala como desaparición del manto de hielo, liberación de metano de clatratos, y comienzo de sequías duraderas en regiones como el suroeste de América del Norte [19.6, recuadro 26-1; GTI IE5 12.4, 12.5, 13.4], así como modificaciones de régimen en los ecosistemas y considerables pérdidas de especies [4.3, 19.6], son mayores con un mayor calentamiento. El calentamiento sostenido por encima de un cierto umbral propiciaría la pérdida casi completa del manto de hielo de Groenlandia durante al menos un milenio, lo que causaría una elevación media mundial del nivel del mar de hasta 7 metros (*nivel de confianza alto*); las estimaciones actuales indican que ese umbral es superior a un 1 °C de calentamiento medio global (*nivel de confianza bajo*) aunque inferior a 4 °C (*nivel de confianza medio*) [GTI IE5 RRP, 5.8, 13.4, 13.5]. La pérdida de hielo abrupta e irreversible, provocada por una posible inestabilidad de zonas marinas del manto de hielo de la Antártida en respuesta al forzamiento climático, es posible, pero los datos y conocimientos actuales son insuficientes para realizar una evaluación cuantitativa. [19.6; GTI IE5 RRP, 5.8, 13.4, 13.5] Una elevación del nivel del mar de 0,45 a 0,82 m (media de 0,63 m) es probable para 2081-2100 en el escenario de la trayectoria de concentración representativa 8,5 (RCP8,5) (*nivel de confianza medio*) [GTI IE5 cuadros RRP.2 y 13.5], con una continuación de la elevación del nivel del mar después de 2100.

Es *muy probable* que la circulación meridional de retorno del Atlántico se debilite durante el siglo XXI, con la mejor estimación de pérdida del 34% (rango del 12% al 54%) en el escenario RCP8,5. [GTI IE5 RRP, 12.4] De acuerdo con las evaluaciones, durante el siglo XXI la liberación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) a la atmósfera, procedente de las reservas de carbono del permafrost que se va deshelando, se situará en el rango de 50 a 250 GtC, en el caso del escenario RCP8,5 (*nivel de confianza bajo*). [GTI IE5 RRP, 6.4] Es *probable* que el océano Ártico estará casi libre de hielo en el mes de septiembre antes de mediados de siglo en el escenario RCP8,5 (*nivel de confianza medio*). [GTI IE5 RRP, 11.3, 12.4, 12.5]

En 2100 para el escenario de altas emisiones RCP8,5, las proyecciones indican que la combinación de alta temperatura y alta humedad en algunas regiones durante ciertos períodos del año pondrá en riesgo la realización de algunas actividades humanas normales, como la producción de alimentos o el trabajo en el exterior (*nivel de confianza alto*). [11.8] Los aumentos de la temperatura global de ~4 °C o más por encima de los niveles del siglo XX, combinados con una mayor demanda de alimentos, pondría la seguridad alimentaria en situación de mucho riesgo a nivel mundial y regional (*nivel de confianza alto*). [7.4, 7.5, cuadro 7-3, figuras 7-1, 7-4 y 7-7, recuadro 7-1]

Por debajo de 4 °C de calentamiento, las proyecciones de algunos modelos indican grandes incrementos en el riesgo de incendios en algunas partes del planeta. [4.3, figura 4-6] Un calentamiento de 4 °C implica un aumento sustancial en el riesgo de extinción de varias especies terrestres y de agua dulce, si bien existe un *nivel de acuerdo bajo* respecto de la fracción de especies que corren riesgo. [4.3] Se prevé una mortalidad generalizada de arrecifes coralinos, con impactos importantes en los ecosistemas de arrecifes de coral (*nivel de confianza alto*). [5.4, recuadro CC-AC] Las evaluaciones de los posibles impactos ecológicos con un calentamiento de 4 °C y superior a 4 °C indican que es alto el riesgo de pérdida extensa de biodiversidad con la consiguiente pérdida de servicios ecosistémicos (*nivel de confianza alto*). [4.3, 19.3, 19.5, recuadro 25-6]

Los grandes aumentos proyectados en la exposición al estrés hídrico, las inundaciones fluviales y costeras, los impactos negativos en los rendimientos de los cultivos y la perturbación de la función y los servicios ecosistémicos podrían suponer al mismo tiempo grandes impactos potencialmente agravados del cambio climático en la sociedad en general y en la economía mundial. [19.4 a 19.6]

agua, de desafíos importantes para los asentamientos y las infraestructuras urbanas por elevación del nivel del mar, y de impactos adversos por calor extremo, inundaciones y sequías en las zonas donde mayor es la ocurrencia proyectada de esos fenómenos extremos. La reducción

del cambio climático también puede conllevar una reducción en la escala de la adaptación que podría necesitarse. En todos los escenarios evaluados para la adaptación y mitigación, sigue existiendo un cierto riesgo de impactos adversos (*nivel de confianza muy alto*). Habida

cuenta de que la mitigación hace que disminuya la velocidad y la magnitud del calentamiento, también hace que aumente el tiempo de que se dispone para la adaptación a un nivel particular de cambio climático, potencialmente en varios decenios, pero la adaptación no puede en general solucionar todos los efectos del cambio climático. Aparte de los límites biofísicos que existen para la adaptación, por ejemplo, con altas temperaturas, hay opciones de adaptación que son demasiado costosas o implican demasiados recursos o bien son costo-ineficaces hasta que los efectos del cambio climático no lleguen a unos niveles que justifiquen tales costos de inversión (*nivel de confianza alto*). Además, algunas opciones de mitigación o adaptación también suponen riesgos. [3.4, 3.5, 4.2, 4.4, 16.3, 16.6, 17.2, 19.7, 20.3, 22.4, 22.5, 25.10, cuadros 3-2, 8-3 y 8-6, recuadros 16-3 y 25-1]

## B-2. Riesgos sectoriales y potencial de adaptación

Para el período a corto plazo de cambio climático asegurado (próximos decenios) y el período a más largo plazo de opciones climáticas (segunda mitad del siglo XXI y posteriormente), el cambio climático hará que aumenten los riesgos conexos al clima existentes y se generen nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos, dependiendo de cuál sea la magnitud y tasa del cambio climático y la vulnerabilidad y exposición de los sistemas humanos y naturales interconectados.

Algunos de esos riesgos se limitarán a un sector o región particular, y otros tendrán efectos en cascada. En menor medida, el cambio climático proyectado también tendrá algunos beneficios potenciales. En el cuadro RT.4 se presenta una selección de los riesgos sectoriales clave para los que se ha determinado que existe un *nivel de confianza entre medio y alto*.

Para consultar un resumen ampliado de los riesgos sectoriales y los beneficios potenciales más limitados, véanse las sinopsis introductorias de los distintos sectores que figuran a continuación así como los capítulos 3 a 13.

### Recursos de agua dulce

**Los riesgos del cambio climático relacionados con el agua dulce aumentan significativamente cuanto mayores son las concentraciones de los gases de efecto invernadero (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*).** La parte de población global que sufre escasez de agua y la parte que padece las grandes inundaciones fluviales crece cuanto mayor es el nivel de calentamiento en el siglo XXI. Véase por ejemplo la figura RT.6. [3.4, 3.5, 26.3, cuadro 3-2, recuadro 25-8]

**Las proyecciones sobre el cambio climático durante el siglo XXI indican que se reducirán los recursos renovables de aguas superficiales y aguas subterráneas de forma sustancial en la mayoría de las regiones secas subtropicales (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*), con lo que se intensificará la competencia por el agua entre los sectores (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*).** En las regiones secas actuales, es probable que la frecuencia de las sequías aumente al final del siglo XXI con arreglo al escenario RCP8.5 (*nivel de confianza medio*). Por el contrario, las proyecciones indican que los recursos hídricos aumentarán en las latitudes altas (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la calidad del agua bruta y generará riesgos para la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional, debido a los factores que interactúan: aumento de la temperatura; aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; mayor concentración de contaminantes durante las sequías; e interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). [3.2, 3.4, 3.5, 22.3, 23.9, 25.5, 26.3, cuadros 3-2 y 23-3, recuadros CC-CF y CC-AE; GTI IE5 12.4]

**Las técnicas de gestión adaptativa de los recursos hídricos, entre ellas la planificación de escenarios, los enfoques basados en el aprendizaje y las soluciones flexibles y de bajo riesgo, pueden ayudar a crear resiliencia para los cambios e impactos hidrológicos inciertos causados por el cambio climático (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*).** Entre los obstáculos al progreso figuran la falta de capacidad humana e institucional, los recursos financieros, la concienciación y la comunicación. [3.6, recuadro 25-2]

### Ecosistemas terrestres y de agua dulce

**Las proyecciones indican que el cambio climático será un poderoso factor de estrés sobre los ecosistemas terrestres y dulceacuícolas en la segunda mitad del siglo XXI, especialmente en el marco de los escenarios de gran calentamiento como el RCP6.0 y el RCP8.5 (*nivel de confianza alto*).** Hasta 2040 a nivel mundial, los impactos directos en el ser humano como el cambio de uso del suelo, la contaminación y el desarrollo de los recursos hídricos continuarán dominando las amenazas sobre la mayoría de los ecosistemas de agua dulce (*nivel de confianza alto*) y terrestres (*nivel de confianza medio*). Muchas especies serán incapaces de encontrar climas adecuados con tasas de cambio climático medias o altas (esto es, bajo los escenarios RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5) durante el siglo XXI (*nivel de confianza medio*). Con tasas de cambio menores (esto es, bajo el escenario RCP2.6) los problemas disminuirán. Véase la figura RT.7. Habrá especies que se adapten a los nuevos climas. Las que no sean capaces de adaptarse lo suficientemente rápido disminuirán sus efectivos o se extinguirán en algunas o todas sus áreas de distribución. Las proyecciones indican que durante el siglo XXI en muchas regiones aumentará la mortalidad arbórea y el decaimiento forestal debido al aumento de las temperaturas y la sequía (*nivel de confianza medio*). El decaimiento forestal plantea riesgos para el almacenamiento de carbono, la biodiversidad, la producción de madera, la calidad del agua, el valor estético y la actividad económica. Las medidas de gestión, como el mantenimiento de la diversidad genética, la migración y dispersión asistida de especies, la manipulación de los regímenes de perturbación (p. ej., incendios e inundaciones) y la reducción de otros factores de estrés, podrán hacer que disminuyan, pero no que se eliminen, los riesgos de impactos en los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales provocados por el cambio climático, así como hacer que aumente la capacidad inherente de los ecosistemas y sus especies de adaptarse a un clima cambiante (*nivel de confianza alto*). [4.3, 4.4, 25.6, 26.4, recuadros 4-2, 4-3 y CC-CF]

**Una gran parte de las especies terrestres y dulceacuícolas afrontan un riesgo creciente de extinción con el cambio climático**

**Cuadro RT.4 | Riesgos clave sectoriales derivados del cambio climático y potencial de reducción de los riesgos mediante la adaptación y mitigación.** Los riesgos clave se han identificado sobre la base de la evaluación de la literatura científica, técnica y socioeconómica pertinente que se detalla en las secciones de apoyo de los capítulos. La identificación de los riesgos clave se basó en el juicio experto utilizando los siguientes criterios específicos: gran magnitud, alta probabilidad, o irreversibilidad de los impactos; momento de los impactos; vulnerabilidad o exposición persistente que contribuye a los riesgos; o potencial limitado para reducir los riesgos mediante la adaptación o la mitigación. Cada riesgo clave se representa con un valor entre muy bajo y muy alto para tres marcos temporales: el presente, el corto plazo (evaluado para 2030-2040), y el largo plazo (evaluado para 2080-2100). Los niveles de riesgo incorporan la probabilidad y la consecuencia en el rango más amplio posible de resultados potenciales, basándose en la literatura disponible. Estos resultados potenciales se derivan de la interacción de los peligros, la vulnerabilidad y la exposición en relación con el cambio climático. Cada nivel de riesgo refleja el riesgo total de factores climáticos y factores no climáticos. Para el período a corto plazo de cambio climático asegurado, los niveles proyectados de aumento de la temperatura media global no divergen sustancialmente entre los distintos escenarios de emisión. Para el período a más largo plazo de opciones climáticas, los niveles de riesgo se presentan en relación con dos escenarios de aumento de la temperatura media global ( $2^{\circ}\text{C}$  y  $4^{\circ}\text{C}$  por encima de los niveles preindustriales). Estos escenarios ilustran el potencial de mitigación y adaptación para reducir los riesgos conexos al cambio climático. Para el presente, los niveles de riesgo se estimaron conforme a la adaptación actual y un hipotético estado de mucha adaptación, y de ese modo se señalaron los actuales déficits de adaptación existentes. Para los dos marcos temporales futuros, los niveles de riesgo se estimaron para una continuación de la adaptación actual y para un estado de alta adaptación, lo que representa el potencial de la adaptación y los límites de esta. Los motores climáticos de los impactos se indican mediante iconos. Los niveles de riesgo no son necesariamente comparables, porque la evaluación considera los impactos y la adaptación potenciales en diferentes sistemas físicos, biológicos y humanos en contextos diversos. Esta evaluación de los riesgos reconoce la importancia de las diferencias en los valores y los objetivos en la interpretación de los niveles de riesgo evaluados.

Motores climáticos de los impactos									Nivel de riesgo y potencial de adaptación														
Tendencia de calentamiento	Temperatura extrema	Tendencia de desecación	Precipitación extrema	Ciclón destructivo	Inundación	Marea meteorológica	Acidificación del océano	Fertilización con dióxido de carbono	Potencial de adaptación adicional para reducir el riesgo	Nivel de riesgo con gran adaptación	Nivel de riesgo con la adaptación actual												
<b>Riesgos globales</b>																							
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas						Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación														
Contracción del sumidero de carbono terrestre: El carbono almacenado en los ecosistemas terrestres puede disiparse de vuelta en la atmósfera, como resultado de un aumento en la frecuencia de los incendios debido al cambio climático y la sensibilidad de la respiración de los ecosistemas al aumento de las temperaturas ( <i>nivel de confianza medio</i> ) [4.2, 4.3]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre las opciones de adaptación figuran la gestión del uso del suelo (incluida la deforestación), los incendios y otras perturbaciones, y otros factores de estrés no climáticos.</li> </ul>							<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo <math>2^{\circ}\text{C}</math> (2080-2100) <math>4^{\circ}\text{C}</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente			Corto plazo (2030-2040)			Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$					
Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente																							
Corto plazo (2030-2040)																							
Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$																							
 <ul style="list-style-type: none"> <li>Punto crítico boreal: Los ecosistemas árticos son vulnerables al cambio abrupto relacionado con el deshielo del permafrost, la diseminación de arbustos en la tundra y el aumento de plagas e incendios en los bosques boreales (<i>nivel de confianza medio</i>)</li> </ul> <p>[4.3, recuadro 4-4]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hay pocas opciones de adaptación en el Ártico.</li> </ul>							<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo <math>2^{\circ}\text{C}</math> (2080-2100) <math>4^{\circ}\text{C}</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente			Corto plazo (2030-2040)			Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$					
Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente																							
Corto plazo (2030-2040)																							
Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$																							
 <ul style="list-style-type: none"> <li>Punto crítico amazónico: Los bosques húmedos amazónicos podrían cambiar abruptamente a ecosistemas adaptados a la sequía y el fuego, menos densos en carbono (<i>low confidence</i>)</li> </ul> <p>[4.3, recuadro 4-3]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las políticas y las medidas de mercado pueden hacer que disminuya la deforestación y los incendios.</li> </ul>							<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo <math>2^{\circ}\text{C}</math> (2080-2100) <math>4^{\circ}\text{C}</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente			Corto plazo (2030-2040)			Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$					
Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente																							
Corto plazo (2030-2040)																							
Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$																							
Mayor riesgo de extinción de especies: Una gran proporción de las especies evaluadas es vulnerable a la extinción debido al cambio climático, a menudo en interacción con otras amenazas. Las especies con una tasa de dispersión inherentemente baja, especialmente cuando ocupan paisajes llanos o semillanos donde la velocidad climática proyectada es alta, y las especies en hábitats aislados como cimas de las montañas, islas o pequeñas áreas protegidas se encuentran en situación especial de riesgo. Los efectos en cascada a través de las interacciones entre organismos, especialmente los vulnerables a los cambios fenológicos, hacen que aumente el riesgo ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [4.3, 4.4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre las opciones de adaptación figuran la disminución de la modificación y fragmentación de los hábitats, la contaminación, la sobreexplotación y las especies invasoras; la ampliación de áreas protegidas; la dispersión asistida; y la conservación <i>ex situ</i>.</li> </ul>							<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo <math>2^{\circ}\text{C}</math> (2080-2100) <math>4^{\circ}\text{C}</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente			Corto plazo (2030-2040)			Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$					
Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente																							
Corto plazo (2030-2040)																							
Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$																							
Menor crecimiento y supervivencia de mariscos de valor comercial y otros organismos calcificadores (p. ej., corales que forman arrecifes y algas rojas calcáreas) debido a la acidificación del océano ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [5.3, 6.1, 6.3, 6.4, 30.3, recuadro CC-AO]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe evidencia de resistencia diferencial y adaptación evolutiva de algunas especies, pero es <i>probable</i> que esas capacidades estén limitadas a concentraciones más elevadas de <math>\text{CO}_2</math> y mayores temperaturas.</li> <li>Entre las opciones de adaptación figuran la explotación de especies más resilientes o la protección de los hábitats con bajos niveles naturales de <math>\text{CO}_2</math>, así como la disminución de otros factores de estrés, principalmente la contaminación, y la limitación de las presiones del turismo y la pesca.</li> </ul>							<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo <math>2^{\circ}\text{C}</math> (2080-2100) <math>4^{\circ}\text{C}</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente			Corto plazo (2030-2040)			Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$					
Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente																							
Corto plazo (2030-2040)																							
Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$																							
Pérdida de biodiversidad marina con alta tasa de cambio climático ( <i>nivel de confianza medio</i> ) [6.3, 6.4, cuadro 30-4, recuadro CC-BM]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las opciones de adaptación se limitan a reducir otros factores de estrés, principalmente la contaminación, y a disminuir las presiones de las actividades humanas costeras como el turismo y la pesca.</li> </ul>							<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo <math>2^{\circ}\text{C}</math> (2080-2100) <math>4^{\circ}\text{C}</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente			Corto plazo (2030-2040)			Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$					
Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente																							
Corto plazo (2030-2040)																							
Largo plazo $2^{\circ}\text{C}$ (2080-2100) $4^{\circ}\text{C}$																							

Continúa en la página siguiente →

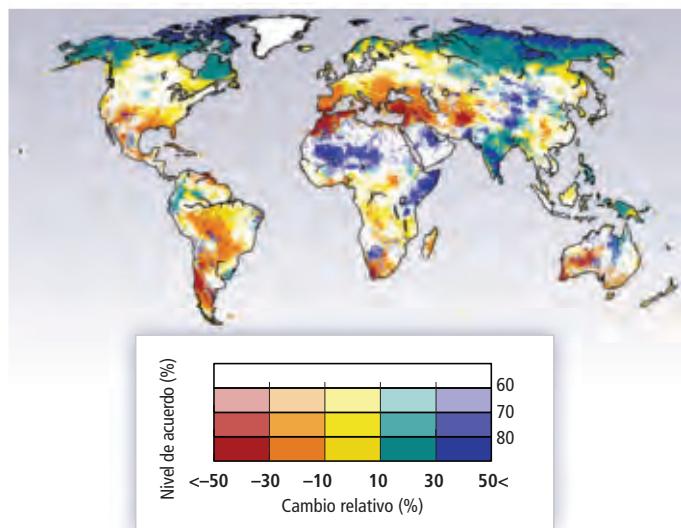
Cuadro RT.4 (continuación)

Riesgos globales					
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación	
Impactos negativos en el promedio de los rendimientos de los cultivos y aumentos en la variabilidad de rendimientos debido al cambio climático ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [7.2 a 7.5, figura 7-5, recuadro 7-1]	• Los impactos proyectados varían en los distintos cultivos y regiones y los escenarios de adaptación; alrededor del 10% de las proyecciones para el período 2030-2049 muestran ganancias en el rendimiento de más del 10%, y alrededor del 10% de las proyecciones muestran pérdidas de rendimiento superiores al 25% en comparación con el final del siglo XX. El riesgo de impactos más severos en el rendimiento aumenta después de 2050 y depende del nivel del calentamiento.		Muy bajo Medio Muy alto Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Riesgos urbanos asociados con los sistemas de suministro de agua ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [8.2, 8.3]	• Entre las opciones de adaptación figuran cambios en la infraestructura de la red así como gestión desde la perspectiva de la demanda para garantizar un suministro suficiente de agua de calidad adecuada, mayores capacidades para gestionar la menor disponibilidad de agua dulce y reducción del riesgo de inundaciones.		Muy bajo Medio Muy alto Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Riesgos urbanos asociados con sistemas energéticos ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [8.2, 8.4]	• La mayoría de los centros urbanos consumen mucha energía, y las políticas climáticas relacionadas con la energía se centran únicamente en medidas de mitigación. Algunas ciudades tienen iniciativas de adaptación en curso para sistemas energéticos esenciales. Hay potencial para poner en práctica sistemas energéticos no adaptados y centralizados para intensificar los impactos, lo que hace que los episodios extremos localizados repercutan a nivel nacional y transfronterizo.		Muy bajo Medio Muy alto Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Riesgos urbanos asociados con la vivienda ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [8.3]	• Una vivienda de baja calidad e inadecuadamente ubicada generalmente es más vulnerable a los episodios extremos. Entre las opciones de adaptación figuran la aplicación de la reglamentación en materia de vivienda y la modernización. Algunos estudios sobre ciudades muestran las posibilidades de adaptar la vivienda y promover simultáneamente la mitigación, la adaptación y la elaboración de objetivos. Las ciudades que crecen con rapidez, o las que se reconstruyen tras los desastres, tienen especialmente oportunidades para aumentar su resiliencia, aunque raras veces esto se realiza. Sin adaptación, los riesgos de pérdidas económicas a raíz de episodios extremos son sustanciales en las ciudades con infraestructura y viviendas de gran valor, y esto puede traer consigo efectos económicos más amplios.		Muy bajo Medio Muy alto Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Desplazamiento asociado con episodios extremos ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [12.4]	• La adaptación a los episodios extremos se comprende bien, pero se pone en práctica de un modo deficiente, incluso bajo las actuales condiciones climáticas. El desplazamiento y la migración involuntaria a menudo son temporales. Con el aumento de los riesgos climáticos, es más probable que el desplazamiento implique una migración permanente.		Muy bajo Medio Muy alto Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Conflictos violentos derivados del deterioro de los medios de subsistencia que dependen de los recursos como la agricultura y el pastoreo ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [12.5]	Opciones de adaptación: • Amortiguamiento de los ingresos rurales contra las sacudidas del clima, por ejemplo mediante la diversificación de los medios de subsistencia, las transferencias de ingresos y la provisión neta de seguridad social • Mecanismos de alerta temprana para promover la reducción eficaz de los riesgos • Estrategias bien establecidas de gestión de conflictos violentos que sean eficaces aunque requieran importantes recursos, inversión y voluntad política		Muy bajo Medio Muy alto Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Disminución de la productividad del trabajo, mayor morbilidad (p. ej., deshidratación, golpe de calor y agotamiento por calor) y mortalidad por exposición a olas de calor. Particularmente en riesgo se encuentran los trabajadores de la agricultura y la construcción y los niños, las personas sin hogar, los mayores y las mujeres que tienen que caminar largas horas para recoger agua ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [13.2, recuadro 13-1]	• Las opciones de adaptación son limitadas para las personas que dependen de la agricultura y no pueden permitirse maquinaria agrícola • Las opciones de adaptación son limitadas en el sector de la construcción donde muchas personas pobres trabajan en condiciones inseguras • Los límites de la adaptación se pueden sobrepasar en determinadas zonas en un mundo con +4 °C.		Muy bajo Medio Muy alto Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Menor acceso al agua para las personas pobres de las zonas rurales y urbanas debido a escasez de agua y mayor competencia por el agua ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [13.2, recuadro 13-1]	• La adaptación mediante la reducción del uso del agua no es una opción para las muchas personas que ya carecen de un acceso adecuado al agua saludable. El acceso al agua está sometido a diversas formas de discriminación, por ejemplo por género y por ubicación. Los usuarios del agua pobres y marginados son incapaces de competir por la extracción de agua con las industrias, la agricultura a gran escala y otros usuarios poderosos.		Muy bajo Medio Muy alto Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	

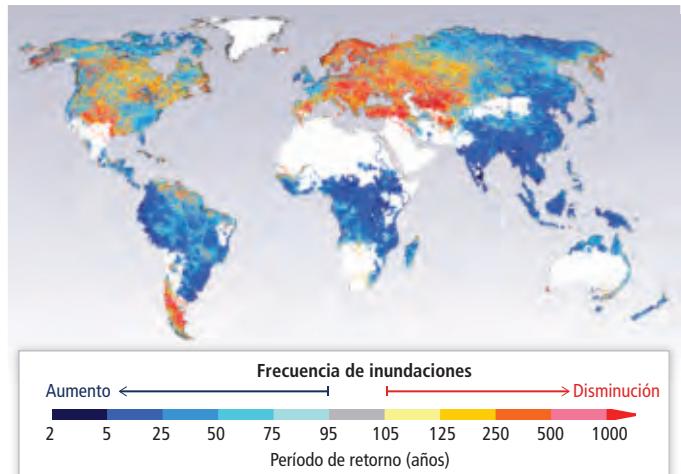
proyectado durante el siglo XXI y posteriormente, especialmente porque el cambio climático interactúa con otros factores de estrés, como la modificación de los hábitats, la sobreexplotación, la contaminación y las especies invasoras (*nivel de confianza alto*). El riesgo de extinción aumenta en todos los escenarios RCP, incrementándose este conforme aumentan la magnitud y la tasa del cambio climático. Las proyecciones de los modelos indican que el riesgo de extinción de especies aumentará en el futuro debido al cambio climático, pero existe un *nivel de acuerdo bajo* en cuanto a la proporción de especies que están en situación de mayor riesgo, la distribución regional y taxonómica de las extinciones y el marco temporal en el que podrían ocurrir las extinciones. En los anteriores modelos no se habían tenido en cuenta algunos aspectos que dan lugar a incertidumbre en las proyecciones cuantitativas de los riesgos de extinción; al introducirse datos reales, se ha comprobado que los riesgos de extinción pueden haberse subestimado o sobreestimado al tomar como base modelos más sencillos. [4.3, 25.6]

**En este siglo, las magnitudes y tasas del cambio climático asociadas a escenarios de emisiones entre medias y altas (RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5) supondrán un alto riesgo de cambio abrupto**

A)

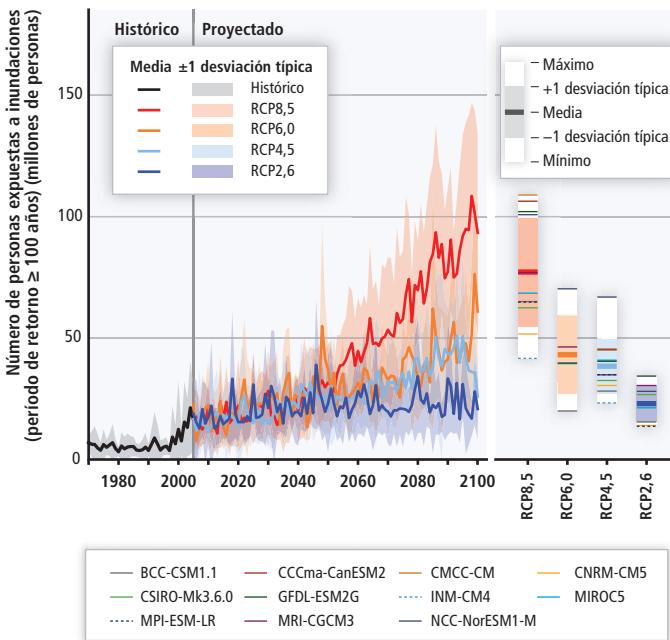


B)



e irreversible a escala regional en la composición, estructura y función de los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales, incluidos los humedales (*nivel de confianza medio*). Entre los ejemplos de posible impacto sustancial en el clima cabe mencionar el sistema ártico boreal-tundra (*nivel de confianza medio*) y el bosque amazónico (*nivel de confianza bajo*). Para el sistema boreal-tundra, el cambio climático continuo transformará la composición de especies, la cubierta terrestre, el drenaje y la extensión del permafrost de dicho sistema, lo que provocará que disminuya el albedo y se liberen gases de efecto invernadero (*nivel de confianza medio*), con medidas de adaptación incapaces de evitar un cambio sustancial (*nivel de confianza alto*). El aumento de sequía severa junto con el cambio de uso del suelo y los incendios forestales provocaría que una buena parte del bosque amazónico se transformara en ecosistemas menos densos adaptados a la sequía y el fuego, aumentando así el riesgo para la biodiversidad y haciendo que disminuya la absorción neta del carbono atmosférico (*nivel de confianza bajo*). Con grandes reducciones en la deforestación y una aplicación más amplia de la gestión eficaz de los incendios forestales, se conseguiría disminuir el riesgo de cambio abrupto en el Amazonas, así como los impactos negativos potenciales del cambio (*nivel de confianza medio*). [4.2, 4.3, figura 4-8, recuadros 4-3 y 4-4]

C)



**Figura RT.6 | A)** Cambio porcentual del flujo fluvial anual medio para un aumento de la temperatura media global de 2 °C por encima de la del período 1980-2010. Las gradaciones de color muestran el cambio medio de los distintos modelos en 5 modelos de circulación general (MCG) y 11 modelos de la hidrología global (MHG), y la saturación muestra el nivel de acuerdo existente respecto de la señal de cambio en todas las 55 combinaciones MHG-MCG (porcentaje de ejecuciones de los modelos que concuerdan en el signo de cambio). **B) y C)** Cambio proyectado en el período de retorno de las inundaciones fluviales y exposición, sobre la base de un modelo hidrológico determinado por 11 MCG y sobre la población mundial en 2005. **B)** En la década de 2080 en el marco del escenario RCP8,5, promedio del período de retorno (años) de los distintos modelos para la inundación en 100 años en el siglo XX. **C)** Exposición global a la inundación en 100 años en el siglo XX en millones de personas. Izquierda: Promedios del ensamblaje de simulaciones históricas (línea negra) y simulaciones futuras (líneas coloreadas) para cada escenario. El sombreado indica  $\pm 1$  desviación típica. Derecha: Máximo y mínimo (extensión del blanco), media (líneas coloreadas gruesas),  $\pm 1$  desviación típica (extensión del sombreado) y proyecciones de cada MCG (líneas coloreadas delgadas) promediados a lo largo del siglo XXI. [figuras 3-4 y 3-6]

A escala decenal el carbono contenido en el sumidero natural representado por los ecosistemas terrestres es en parte equivalente al carbono liberado por la conversión de los ecosistemas naturales (principalmente bosques) a suelo para la agricultura y la ganadería y por la degradación de los ecosistemas (*nivel de confianza alto*). El carbono almacenado en la biosfera terrestre (p. ej., en las turberas, el permafrost y los bosques) es susceptible de incorporarse a la atmósfera como resultado del cambio climático, la deforestación y la degradación de los ecosistemas. [4.2, 4.3, recuadro 4-3]

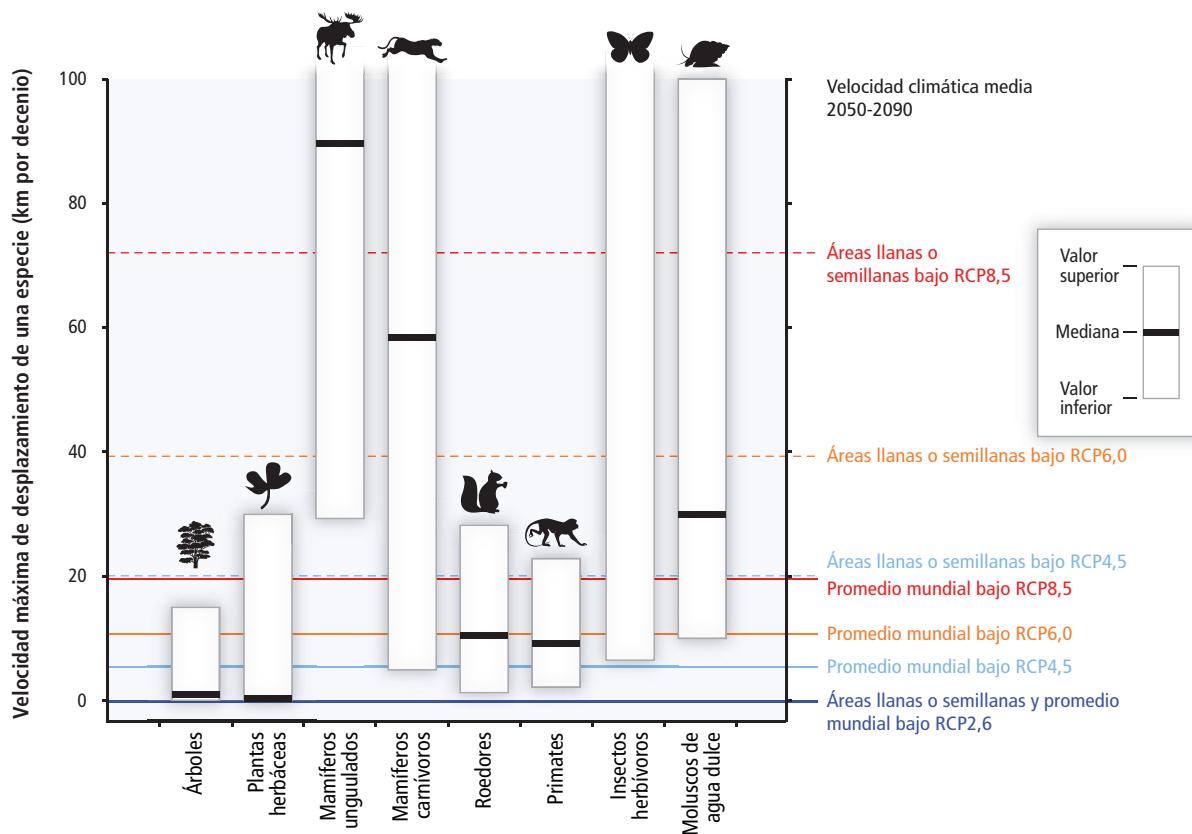
### Sistemas costeros y zonas bajas

Habida cuenta de la elevación del nivel del mar proyectado a lo largo del siglo XXI y posteriormente, los sistemas costeros y las zonas bajas experimentarán cada vez más impactos adversos como inmersión, inundación costera y erosión costera (*nivel de confianza muy alto*). En los próximos decenios aumentarán considerablemente la población y los activos que, según las proyecciones, quedarán expuestos a los riesgos costeros, así como las presiones humanas sobre los ecosistemas costeros, debido al crecimiento demográfico, el desarrollo económico y la urbanización (*nivel de confianza alto*). Los costos relativos de la adaptación costera durante el siglo XXI variarán enormemente entre las regiones y los países y dentro de

ellos. Se prevé que algunos países en desarrollo situados a baja altitud tendrán que afrontar impactos muy fuertes, impactos que, en algunos casos, podrían acarrear costos por concepto de daños y adaptación de varios puntos porcentuales de su producto interior bruto. [5.3 a 5.5, 8.2, 22.3, 24.4, 25.6, 26.3, 26.8, cuadro 26-1, recuadro 25-1]

### Sistemas marinos

Para mitad del siglo XXI, los desplazamientos espaciales de las especies marinas provocarán que la abundancia de especies y el potencial de capturas de peces aumenten, en promedio, en las latitudes medias y altas (*nivel de confianza alto*) y disminuyan en las latitudes tropicales (*nivel de confianza medio*), lo que provocará una redistribución global del potencial de capturas de peces e invertebrados, con las consiguientes repercusiones en la seguridad alimentaria (*nivel de confianza medio*). Los desplazamientos espaciales de las especies marinas debido al calentamiento proyectado provocarán invasiones en altas latitudes y altas tasas de extinción local en los trópicos y los mares semicerrados (*nivel de confianza medio*). Los desplazamientos de animales provocarán un aumento de entre el 30% y el 70% de las capturas pesqueras de algunas regiones de alta latitud en 2055 (en relación con 2005), una redistribución en latitudes medias y una disminución de entre el 40%



**Figura RT.7** | Velocidades máximas a las que se pueden desplazar las especies a través de los paisajes (basado en las observaciones y los modelos; eje vertical de la izquierda), en comparación con las velocidades a las que se proyecta que las temperaturas avancen a través de los paisajes (velocidades climáticas para la temperatura; eje vertical de la derecha). Las intervenciones humanas, como el transporte o la fragmentación de hábitats, pueden redundar en mayores o menores velocidades de desplazamiento. Las columnas blancas con listones negros indican rangos y medianas de velocidades de desplazamiento máximas para los árboles, plantas, mamíferos, insectos herbívoros (mediana no estimada) y moluscos de agua dulce. Respecto de los escenarios RCP2,6, RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5 para 2050-2090, las líneas horizontales muestran la velocidad climática para el promedio de las áreas terrestres globales y para las grandes regiones llanas o semillanas. Se prevé que las especies cuya velocidad de desplazamiento máxima esté por debajo de las distintas líneas no serán capaces de seguir el ritmo del calentamiento sin intervención humana. [figura 4-5]

y el 60% en algunas partes de los trópicos y la Antártida, para un calentamiento de 2 °C por encima de los niveles preindustriales (*nivel de confianza medio* para la dirección de las tendencias en las capturas pesqueras y *nivel de confianza bajo* para las magnitudes precisas del cambio en las capturas). Véase la figura RT.8A. Las proyecciones indican que la ampliación progresiva de zonas con niveles mínimos de oxígeno y “zonas muertas” anóxicas limitará aún más el hábitat de los peces y de otros organismos que dependen del O<sub>2</sub> (*nivel de confianza medio*). Las proyecciones apuntan a que la producción primaria neta en alta mar se redistribuirá y, para 2100, disminuirá globalmente en todos los escenarios RCP. [6.3 a 6.5, 7.4, 25.6, 28.3, 30.4 a 30.6, recuadros CC-BM y CC-PP]

**En razón del cambio climático proyectado para mediados del siglo XXI y posteriormente, la redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en las regiones sensibles dificultará el mantenimiento sostenido de la productividad pesquera y otros bienes y servicios ecosistémicos (*nivel de confianza alto*).** La vulnerabilidad socioeconómica es máxima en los países tropicales en desarrollo, donde surgen riesgos por la reducción de los suministros, los ingresos y el empleo en la pesca marina. [6.4, 6.5]

**En relación con los escenarios de emisiones entre medias y altas (RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5), la acidificación de los océanos plantea riesgos sustanciales para los ecosistemas marinos, especialmente los ecosistemas polares y los arrecifes de coral, asociados con impactos en la fisiología, el comportamiento y la dinámica de las poblaciones de las distintas especies desde el fitoplancton a los animales superiores (*nivel de confianza medio a alto*).** Véase el recuadro RT.7. Los moluscos, equinodermos y corales que forman arrecifes, por ser organismos muy calcificados, son más sensibles que los crustáceos (*nivel de confianza alto*) y los peces (*nivel de confianza bajo*) a la acidificación, la cual puede tener consecuencias perjudiciales para la pesca y los medios de subsistencia (figura RT.8B). La acidificación de los océanos actúa junto con otros cambios globales (p. ej., el calentamiento o niveles decrecientes de oxígeno) y con cambios locales (p. ej., contaminación o eutrofización) (*nivel de confianza alto*). Hay motores que actúan simultáneamente, como el calentamiento y la acidificación de los océanos, que pueden dar lugar a impactos interactivos, complejos y amplificados para las especies y los ecosistemas. [5.4, 6.3 a 6.5, 22.3, 25.6, 28.3, 30.5, recuadros CC-AC y CC-AO]

**El cambio climático se suma a las amenazas de la sobreexplotación pesquera y otros factores de estrés no climáticos, complicando así los regímenes de gestión marina (*nivel de confianza alto*).** A corto plazo, las estrategias que comprenden la predicción climática y los sistemas de alerta temprana pueden hacer que disminuyan

los riesgos del calentamiento y la acidificación del océano para algunas industrias de la pesca y la acuicultura. Estas industrias, que disponen de alta tecnología y/o suponen grandes inversiones, así como las industrias de flete marino y de petróleo y gas, poseen gran capacidad de adaptación debido al mayor desarrollo de su vigilancia ambiental, la modelización y las evaluaciones de recursos. Para la pesca a menor escala y los países en desarrollo, la construcción de resiliencia social, medios de subsistencia alternativos y flexibilidad ocupacional representan importantes estrategias de reducción de la vulnerabilidad de las comunidades humanas dependientes del océano. [6.4, 7.3, 7.4, 25.6, 29.4, 30.6, 30.7]

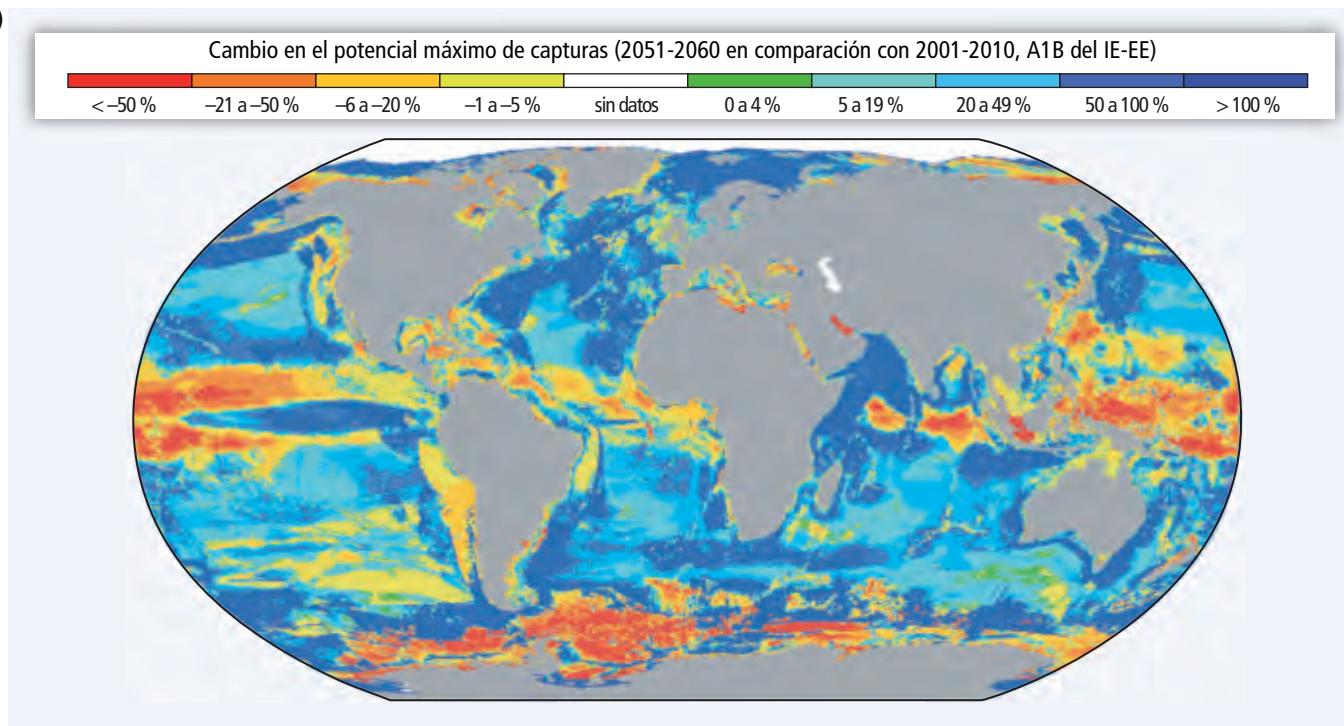
## Seguridad alimentaria y sistemas de producción de alimentos

**En relación con los principales cultivos (trigo, arroz y maíz) en las regiones tropicales y templadas, las proyecciones señalan que el cambio climático sin adaptación tendrá un impacto negativo en la producción con aumentos de la temperatura local de 2 °C o más por encima de los niveles de finales del siglo XX, aunque puede haber localidades individuales que resulten beneficiadas de este aumento (*nivel de confianza medio*).** Los impactos proyectados varían para los distintos cultivos y regiones y los diferentes escenarios de adaptación; alrededor de un 10% de las proyecciones para el período 2030-2049 muestran ganancias de rendimientos superiores al 10%, y alrededor de un 10% de las proyecciones muestran pérdidas superiores al 25%, en comparación con finales del siglo XX. Despues de 2050 el riesgo de impactos en el rendimiento más graves aumenta y depende del nivel de calentamiento. Véase la figura RT.9. Las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumente progresivamente la variabilidad interanual de los rendimientos de los cultivos en muchas regiones. Esos impactos proyectados ocurrirán en un contexto de rápido crecimiento de la demanda de cultivos. [7.4, 7.5, 22.3, 24.4, 25.7, 26.5, cuadro 7-2, figuras 7-4, 7-5, 7-6, 7-7 y 7-8]

**Todos los aspectos de la seguridad alimentaria están potencialmente afectados por el cambio climático, incluido el acceso a los alimentos, el uso de estos y la estabilidad de sus precios (*nivel de confianza alto*).** La redistribución del potencial de las capturas pesqueras marinas hacia latitudes más altas supone un riesgo de disminución del suministro, los ingresos y el empleo en los países tropicales, con posibles implicaciones para la seguridad alimentaria (*nivel de confianza medio*). Un aumento de la temperatura global de alrededor de 4 °C o más por encima de los niveles del final del siglo XX, en combinación con una creciente demanda de alimentos, plantearía grandes riesgos para la seguridad alimentaria a nivel mundial y regional (*nivel de confianza alto*). Los riesgos para la seguridad alimentaria son generalmente mayores en las zonas de latitudes bajas. [6.3 a 6.5, 7.4, 7.5, 9.3, 22.3, 24.4, 25.7, 26.5, cuadro 7-3, figuras 7-1, 7-4 y 7-7, recuadro 7-1]

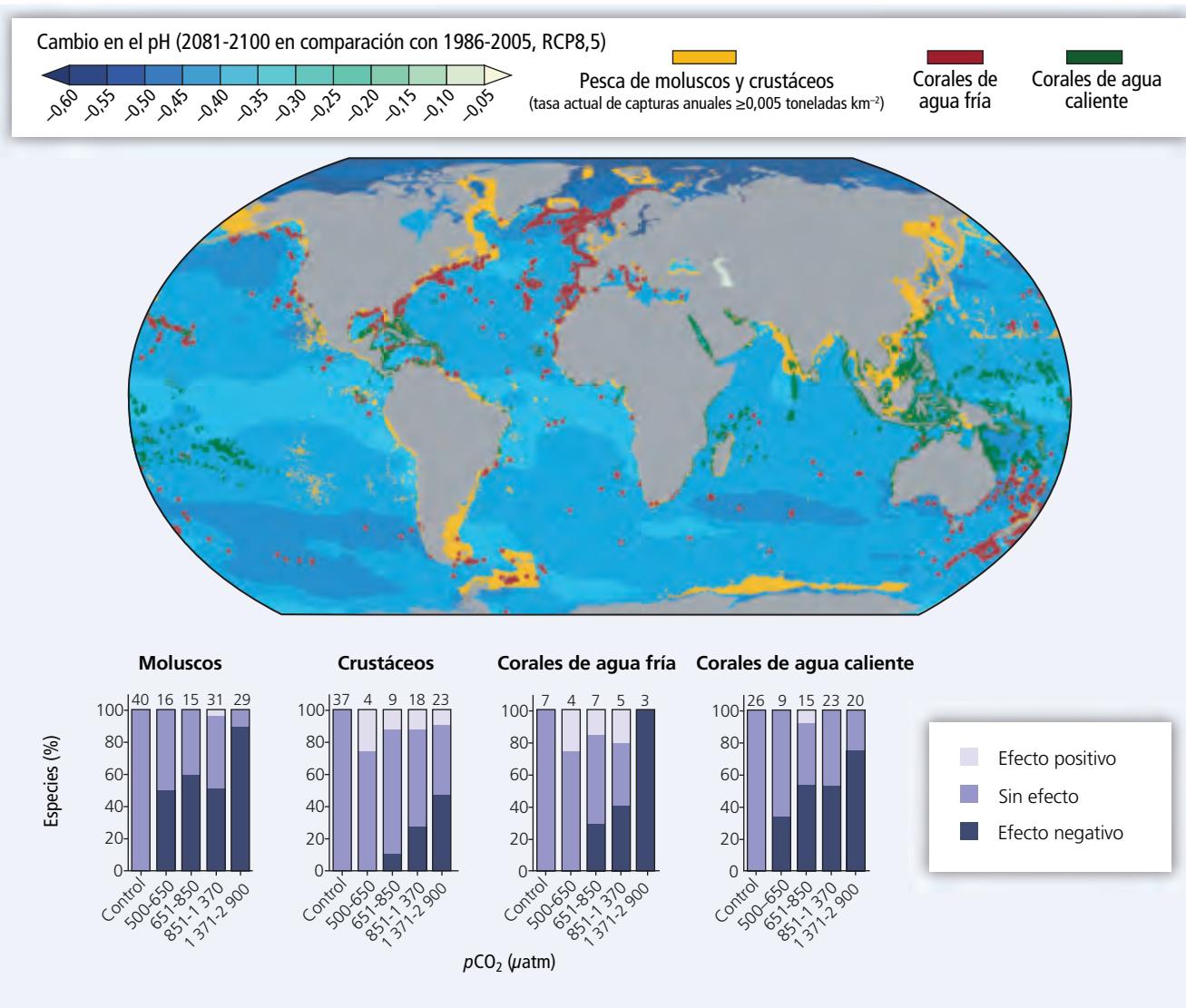
**Figura RT.8 |** Riesgos del cambio climático para la pesca. A) Redistribución global proyectada del potencial de capturas máximas de 1 000 especies de peces e invertebrados explotados. Las proyecciones comparan el promedio de 10 años de 2001-2010 con el de 2051-2060 utilizando el escenario A1 B del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE), sin analizar los impactos posibles de la sobreexplotación pesquera o la acidificación del océano. B) Pesca de moluscos y crustáceos marinos (tasas de capturas anuales actuales estimadas  $\geq 0,005$  toneladas km<sup>-2</sup>) y ubicaciones conocidas de corales de aguas frías y cálidas, representadas en un mapa mundial que muestra la distribución proyectada de la acidificación de los océanos bajo el escenario RCP8.5 (cambio del pH de 1986-2005 a 2081-2100). [GTI IE5 figura RRP8] El gráfico inferior compara la sensibilidad a la acidificación del océano en los moluscos, crustáceos y corales, filos animales vulnerables con interés socioeconómico (p. ej., para la protección costera y la pesca). El número de especies analizadas en los estudios se da para cada categoría de CO<sub>2</sub> elevado. Para 2100, los escenarios RCP en cada categoría de presión parcial de CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>) son los siguientes: RCP4.5 para 500-650  $\mu\text{atm}$  (equivalente aproximadamente a ppm en la atmósfera), RCP6.0 para 651-850  $\mu\text{atm}$  y RCP8.5 para 851-1 370  $\mu\text{atm}$ . Para 2150, RCP8.5 se enmarca en la categoría de 1 371-2 900  $\mu\text{atm}$ . La categoría de control corresponde a 380  $\mu\text{atm}$ . [6.1, 6.3, 30.5, figuras 6-10 y 6-14; GTI IE5 recuadro RRP.1]

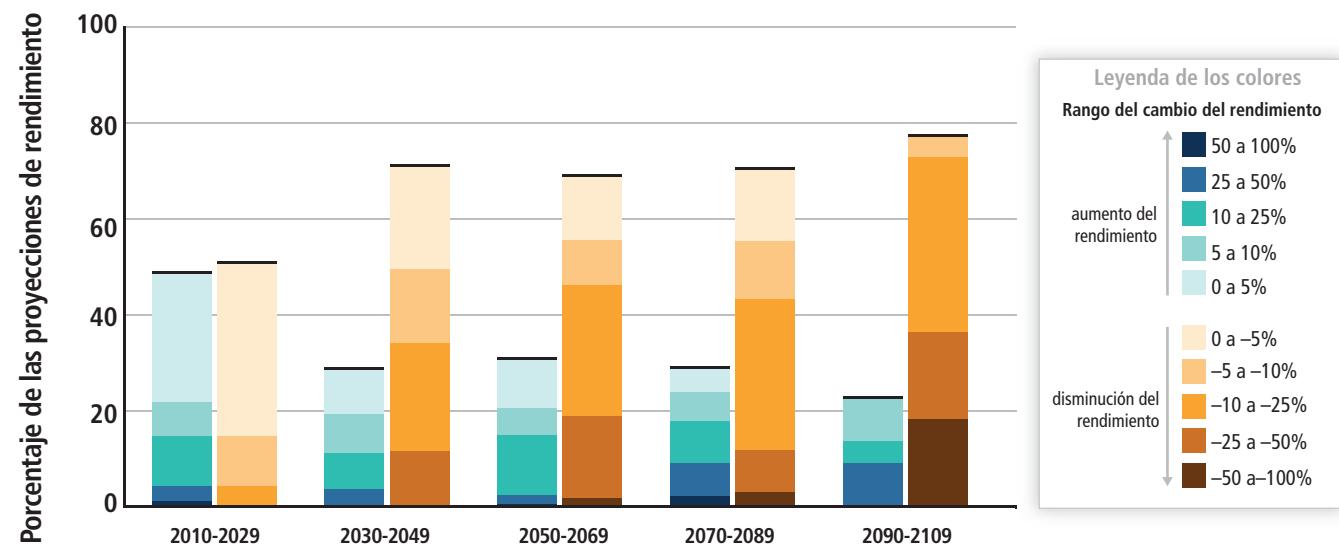
A)



RT

B)





**Figura RT.9** | Resumen de los cambios proyectados en los rendimientos de los cultivos, debido al cambio climático a lo largo del siglo XXI. La figura incluye proyecciones para diferentes escenarios de emisiones, para regiones tropicales y templadas y para casos de adaptación e inadaptación combinados. Hay relativamente pocos estudios que consideren los impactos en los sistemas de cultivo para escenarios que contemplen un aumento de la temperatura media global de 4 °C o más. En relación con cinco períodos a corto y largo plazo, los datos ( $n=1\,090$ ) se indican en el período de 20 años en el eje horizontal que incluye el punto medio de cada período futuro de las proyecciones. Los cambios en el rendimiento de los cultivos son relativos a los niveles del final del siglo XX. Los datos para cada período totalizan el 100%. [figura 7-5]

## Zonas urbanas

Muchos riesgos globales del cambio climático se concentran en las zonas urbanas (*nivel de confianza medio*). Las medidas que hacen que aumente la resiliencia y se posibilite el desarrollo sostenible pueden acelerar la adaptación con éxito al cambio climático a nivel mundial. El estrés térmico, la precipitación extrema, las inundaciones continentales y costeras, la contaminación del aire, la sequía y la escasez de agua plantean riesgos en las zonas urbanas para las personas, los activos, las economías y los ecosistemas (*nivel de confianza muy alto*). Los riesgos se amplifican para las personas que carecen de infraestructuras y servicios esenciales o viven en viviendas de mala calidad y en zonas expuestas. Mediante la reducción de los déficits de servicios básicos, la mejora de la vivienda y la construcción de sistemas de infraestructuras resilientes se podrían conseguir reducciones significativas de la vulnerabilidad y la exposición en las zonas urbanas. La adaptación urbana se mejora con la gobernanza eficaz del riesgo urbano a varios niveles, la sintonización de las políticas y los incentivos, el fortalecimiento de la capacidad de adaptación de los gobiernos y comunidades locales, las sinergias con el sector privado y la adecuada financiación y desarrollo institucional (*nivel de confianza medio*). También obran en favor de la adaptación una mayor capacidad, voz e influencia de los grupos de bajos ingresos y las comunidades vulnerables y sus asociaciones con los gobiernos locales. [3.5, 8.2 a 8.4, 22.3, 24.4, 24.5, 26.8, cuadro 8-2, recuadros 25-9 y CC-EC]

## Zonas rurales

Se prevé que los impactos rurales más importantes en el futuro ocurrán a corto plazo y posteriormente en relación con la disponibilidad y el suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, especialmente en relación con cambios de las zonas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (*nivel de confianza alto*). Se prevé

que esos impactos afecten desproporcionadamente al bienestar de los pobres en las zonas rurales, como las familias encabezadas por mujeres y las que tienen un acceso limitado a la tierra, los modernos insumos agrícolas, las infraestructuras y la educación. El cambio climático hará que aumente el volumen del comercio agrícola internacional tanto en términos físicos como de valor (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Los alimentos importados pueden ayudar a los países a ajustarse a los cambios bruscos de la productividad nacional debidos al cambio climático, mientras que en los países en desarrollo con pocos ingresos podría ser necesario suprir los déficits de alimentos a corto plazo con ayuda alimentaria. Podrán producirse más adaptaciones en relación con la agricultura, el agua, los bosques y la biodiversidad mediante políticas que tengan en cuenta los contextos rurales de adopción de decisiones. Mediante la reforma del comercio e inversiones se podrá mejorar el acceso a los mercados para las pequeñas explotaciones agrícolas (*nivel de confianza medio*). La valoración de los servicios ecosistémicos no comercializados y las limitaciones de los modelos de valoración económica que se acumulan a través de los contextos suponen problemas para valorar los impactos rurales. [9.3, 25.9, 26.8, 28.2, 28.4, recuadro 25-5]

## Sectores y servicios económicos claves

Para la mayoría de los sectores económicos, las proyecciones indican que los impactos de motores como los cambios en la población, la estructura de edad, los ingresos, la tecnología, los precios relativos, el modo de vida, la reglamentación y la gobernanza serán mayores que los impactos del cambio climático (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la demanda de energía para calefacción y aumente la demanda para refrigeración en los sectores residencial y comercial (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Indican además que el cambio climático afectará de forma diferente a las fuentes de energía y las tecnologías, en función de los

recursos (p. ej., caudal, viento, insolación), procesos tecnológicos (p. ej., refrigeración) o ubicaciones (p. ej., regiones costeras, llanuras de inundación) implicados. Según las proyecciones, ocurrirán episodios meteorológicos extremos más severos y/o frecuentes, y/o tipos de peligros, con lo que aumentarán las pérdidas y habrá menos variabilidad en varias regiones, y los sistemas de seguros encontrarán dificultades para ofrecer una cobertura asequible y aumentar al mismo tiempo el capital asignado a un mayor riesgo, sobre todo en los países en desarrollo. Como ejemplos de medidas de adaptación cabe destacar las iniciativas de reducción de riesgos público-privadas a gran escala y la diversificación económica. [3.5, 10.2, 10.7, 10.10, 17.4, 17.5, 25.7, 26.7 a 26.9, recuadro 25-7]

**El cambio climático puede influir en la integridad y fiabilidad de las tuberías de transporte y las redes de energía eléctrica (evidencia media, nivel de acuerdo medio).** Con el cambio climático puede que se haga necesario introducir modificaciones en las normas de diseño para la construcción y explotación de las tuberías de transporte y las líneas de transmisión y distribución de electricidad. La adopción de la tecnología existente procedente de otras condiciones geográficas y climáticas puede abaratar el costo de adaptar nueva infraestructura así como el costo de retroajustar las tuberías y redes existentes. El cambio climático puede afectar negativamente a la infraestructura de transporte (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto). Toda la infraestructura es vulnerable a los ciclos de congelación-deshielo; las carreteras asfaltadas son particularmente vulnerables a las temperaturas extremas, y los caminos no asfaltados y los puentes, a las precipitaciones extremas. La infraestructura de transporte sobre hielo o permafrost es especialmente vulnerable. [10.2, 10.4, 25.7, 26.7]

**El cambio climático afectará a los centros turísticos, en particular a los centros de esquí, playa y naturaleza (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto), y los turistas podrán pasar sus vacaciones a mayores altitudes y latitudes (evidencia media, nivel de acuerdo alto).** Las consecuencias económicas de las transformaciones inducidas por el cambio climático en la oferta y demanda turística suponen ganancias para los países situados más cerca de los polos y los países con mayores elevaciones, y pérdidas para los demás países. [10.6, 25.7]

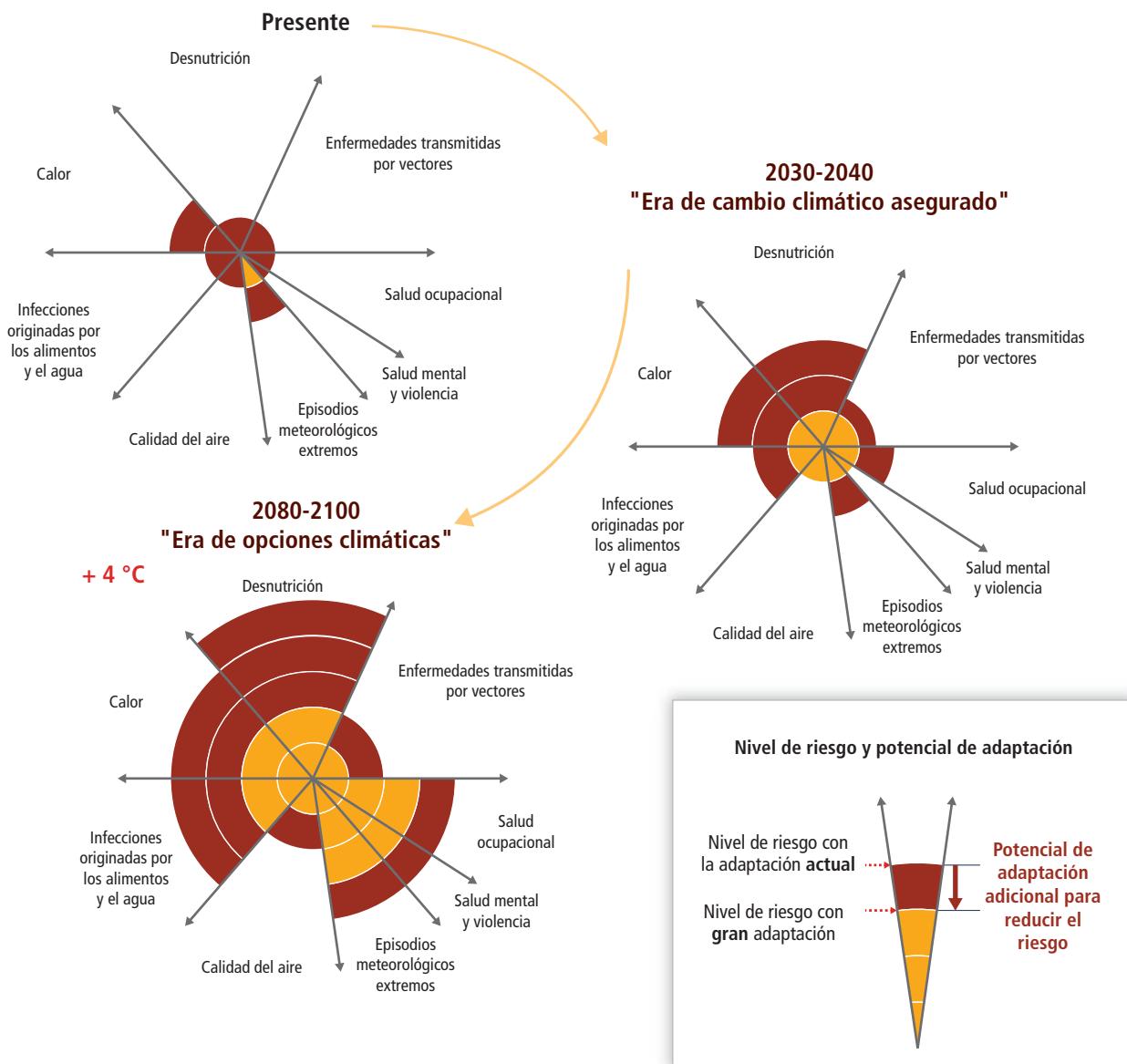
**Es difícil estimar los impactos económicos globales derivados del cambio climático.** Las estimaciones del impacto económico realizadas en los últimos 20 años varían en su cobertura de subconjuntos de los sectores económicos y dependen de una gran serie de supuestos, muchos de los cuales son discutibles, y muchas estimaciones no tienen en cuenta los cambios catastróficos, puntos críticos y muchos otros factores. Con el reconocimiento de estas limitaciones, las estimaciones incompletas de las pérdidas económicas anuales para aumentos adicionales de la temperatura de alrededor de 2 °C están entre el 0,2% y el 2% de los ingresos ( $\pm 1$  desviación típica de la media) (evidencia media, nivel de acuerdo medio). Es más probable que improbable que las pérdidas sean mayores, y no menores, que ese rango (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto). Además, hay grandes diferencias entre los países y dentro de ellos. Las pérdidas se aceleran con un calentamiento mayor (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto), pero se han realizado pocas estimaciones cuantitativas para un calentamiento adicional de alrededor de 3 °C o más.

Se estima que el impacto económico acumulativo de la emisión de dióxido de carbono está comprendido entre unos pocos dólares y varios cientos de dólares por tonelada de carbono<sup>3</sup> (evidencia sólida, nivel de acuerdo medio). Las estimaciones varían fuertemente según la función de daño y la tasa de descuento supuestas. [10.9]

## Salud humana

**Hasta mediados de siglo, el impacto del cambio climático proyectado afectará a la salud humana principalmente por la agravación de los problemas de salud ya existentes (nivel de confianza muy alto).** A lo largo del siglo XXI, se prevé que el cambio climático ocasione un incremento de mala salud en muchas regiones y especialmente en los países en desarrollo de bajos ingresos, en comparación con el nivel de referencia sin cambio climático (nivel de confianza alto). Como ejemplos de ello cabe citar una mayor probabilidad de lesión, enfermedad y muerte debido a olas de calor e incendios más intensos (nivel de confianza muy alto); una mayor probabilidad de desnutrición derivada de una menor producción de alimentos en las regiones pobres (nivel de confianza alto); riesgos de pérdida de capacidad de trabajo y menor productividad laboral en las poblaciones vulnerables; y mayores riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua (nivel de confianza muy alto) y enfermedades transmitidas por vectores (nivel de confianza medio). Los impactos en la salud disminuirán, aunque no se eliminarán, en poblaciones que se benefician de un rápido desarrollo social y económico, en particular entre los grupos más pobres y con peor salud (nivel de confianza alto). El cambio climático hará que aumenten las demandas de servicios y centros de atención de salud, incluidos programas de salud pública, actividades de prevención de enfermedades, personal sanitario, infraestructura y suministros para el tratamiento (evidencia media, nivel de acuerdo alto). Se prevé que entre los efectos positivos se produzcan pequeñas reducciones en la mortalidad y morbilidad conexas al frío en algunas regiones debido a las menores temperaturas frías extremas (nivel de confianza bajo), los cambios geográficos en la producción de alimentos (nivel de confianza medio) y la menor capacidad de los vectores para transmitir algunas enfermedades. Pero a nivel global en el siglo XXI, las proyecciones indican que la magnitud y severidad de los impactos negativos primarán cada vez más sobre los impactos positivos (nivel de confianza alto). Las medidas de reducción de la vulnerabilidad más eficaces para la salud a corto plazo son los programas que aplican y mejoran las medidas de salud pública básica como el suministro de agua limpia y saneamiento, asegurar una asistencia sanitaria esencial que comprenda servicios de vacunación y salud infantil, una mayor capacidad de preparación y respuesta frente a los desastres, y el alivio de la pobreza (nivel de confianza muy alto). Para 2100 en el caso del escenario de altas emisiones RCP8,5, las proyecciones apuntan a que la combinación de alta temperatura y humedad en algunas zonas durante algunos períodos del año comprometerán las actividades humanas normales, como producir alimentos o trabajar en el exterior (nivel de confianza alto). Véase la figura RT.10. [8.2, 11.3 a 11.8, 19.3, 22.3, 25.8, 26.6, figura 25-5, recuadro CC-EC]

<sup>3</sup> 1 tonelada de carbono = 3,667 toneladas de CO<sub>2</sub>

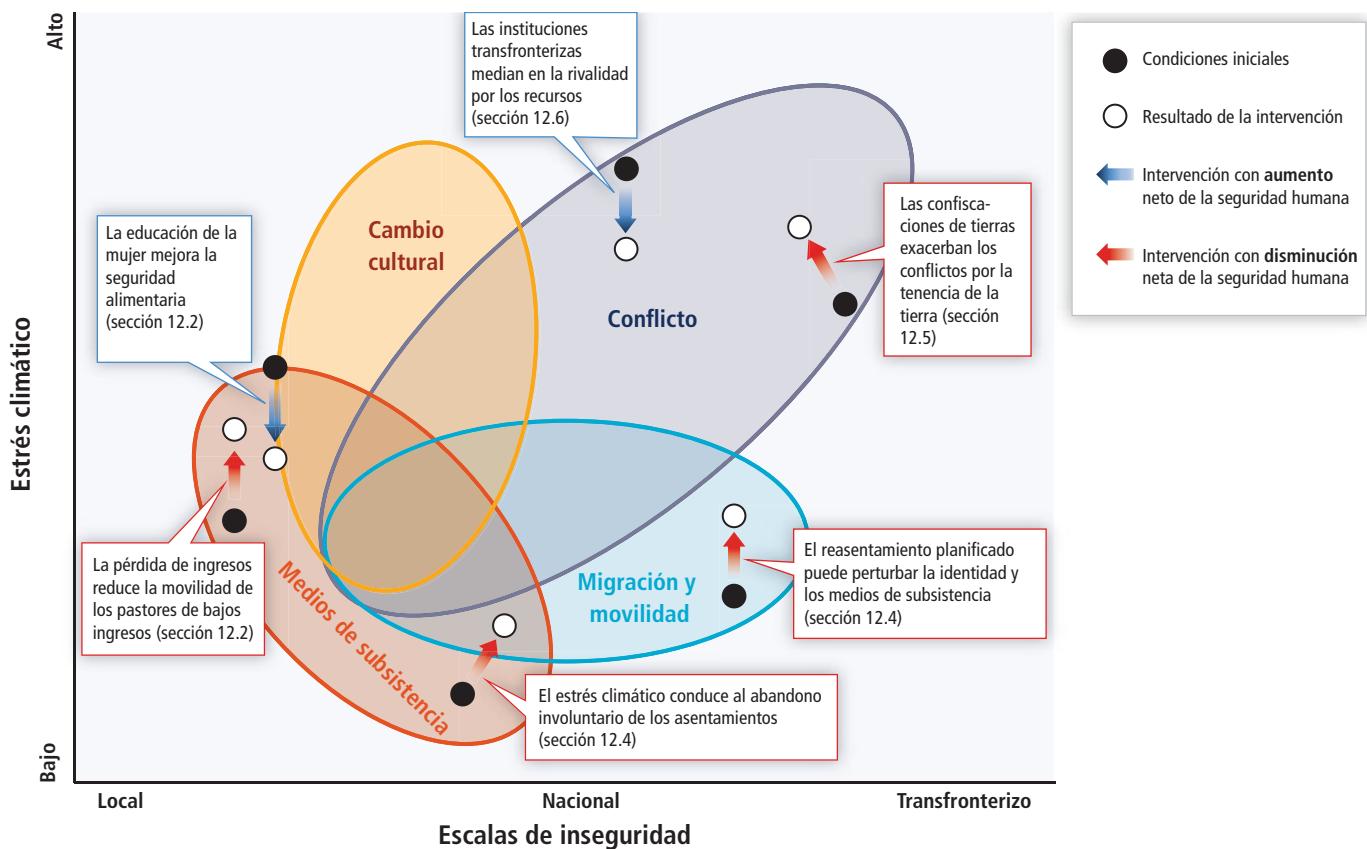


**Figura RT.10 |** Presentación conceptual de los riesgos de salud originados por el cambio climático y potencial de reducción del riesgo mediante la adaptación. Los riesgos se señalan con arreglo a ocho categorías relacionadas con la salud sobre la base de la evaluación de la literatura y el juicio experto de los autores del capítulo 11. El arco abarcado por las porciones indica de un modo cualitativo la importancia relativa de la carga de mala salud a nivel mundial en el momento presente. Los niveles de riesgo se evalúan para el presente y para la era a corto plazo de cambio climático asegurado (aquí, 2030-2040). Para algunas categorías, por ejemplo, enfermedades transmitidas por vectores, estrés térmico por calor/frío y producción agrícola y desnutrición, pueden existir beneficios para la salud en algunas zonas, pero el impacto neto previsto es negativo. Los niveles de riesgo también se presentan para la era a más largo plazo de opciones climáticas (aquí, 2080-2100) para un aumento de la temperatura media global de 4 °C por encima de los niveles preindustriales. Para cada marco temporal, los niveles de riesgo se estiman para el estado actual de adaptación y para un estado hipotético de gran adaptación, indicado con distintos colores. [figura 11-6]

## Seguridad humana

**La seguridad humana se verá progresivamente amenazada conforme vaya cambiando el clima (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** La inseguridad humana casi nunca se debe a causas aisladas, sino que surge como consecuencia de la interacción de múltiples factores. El cambio climático es un importante factor en las amenazas a la seguridad humana por 1) poner en peligro los medios de subsistencia, 2) poner en riesgo la cultura y la identidad, 3) hacer que aumente una migración no deseada por quienes la deben realizar, y 4) poner a prueba la capacidad de los Estados para proporcionar las condiciones necesarias para la seguridad humana. Véase la figura RT.11. [12.1 a 12.4, 12.6]

**El cambio climático pondrá en riesgo los valores culturales que son importantes para el bienestar comunitario e individual (evidencia media, nivel de acuerdo alto).** El efecto del cambio climático en la cultura variará entre las sociedades y a lo largo del tiempo, en función de la resiliencia cultural y los mecanismos de conservación y transferencia de los conocimientos. El tiempo cambiante y las condiciones climáticas amenazan las prácticas culturales incorporadas en los medios de subsistencia y expresadas en las historias, visiones del mundo, identidad, cohesión comunitaria y sentido de pertenencia al lugar. Está bien documentado que la pérdida de la tierra y el desplazamiento, por ejemplo, en pequeñas islas y comunidades costeras tiene repercusiones negativas en la cultura y el bienestar. [12.3, 12.4]



**Figura RT.11 |** Esquema de los riesgos del cambio climático para la seguridad humana y las interacciones entre los medios de subsistencia, el conflicto, la cultura y la migración. Las intervenciones y las políticas se indican mediante la diferencia entre las condiciones iniciales (círculos negros) y el resultado de la intervención (círculos blancos). Algunas intervenciones (flechas azules) muestran un aumento neto de la seguridad humana, mientras que otras (flechas rojas) conducen a una disminución neta. [figura 12-3]

Las proyecciones indican que el cambio climático a lo largo del siglo XXI hará que aumenten las personas desplazadas (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Los riesgos de desplazamiento aumentan cuando las poblaciones que carecen de los recursos para realizar una migración planificada se ven sometidas a una mayor exposición a episodios meteorológicos extremos, tanto en las zonas rurales como urbanas, en especial en los países en desarrollo con bajos ingresos. La vulnerabilidad de esas poblaciones puede disminuir si aumentan sus posibilidades de movilidad. Los cambios en las pautas de migración pueden suponer respuestas tanto para los episodios meteorológicos extremos como para la variabilidad y el cambio del clima a largo plazo, y la migración también puede ser una estrategia eficaz de adaptación. Hay un *nivel de confianza bajo* en las proyecciones cuantitativas respecto de los cambios en la movilidad, debido a su carácter complejo y multicausal. [9.3, 12.4, 19.4, 22.3, 25.9]

El cambio climático puede hacer que aumenten indirectamente los riesgos de conflictos violentos en la forma de guerra civil y violencia entre grupos al aumentar la intensidad de los motores que, según una amplia documentación, impulsan dichos conflictos como son la pobreza y las crisis económicas (*nivel de confianza medio*). Hay diversas líneas de evidencia sobre la relación existente entre la variabilidad climática y esas formas de conflicto. [12.5, 13.2, 19.4]

Se prevé que los impactos del cambio climático en la infraestructura esencial y la integridad territorial de muchos Estados

influyan en las políticas de seguridad nacional (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Por ejemplo, la inundación de tierras debida a la elevación del nivel del mar supone riesgos para la integridad territorial de pequeños Estados insulares y Estados con costas extensas. Hay impactos transfronterizos del cambio climático, como los cambios en el hielo marino, los recursos hídricos compartidos y las poblaciones de peces pelágicos, que tienen potencial para hacer que aumente la rivalidad entre los Estados, pero con sólidas instituciones nacionales e intergubernamentales se puede mejorar la cooperación y gestionar muchas de esas rivalidades. [12.5, 12.6, 23.9, 25.9]

#### Medios de subsistencia y pobreza

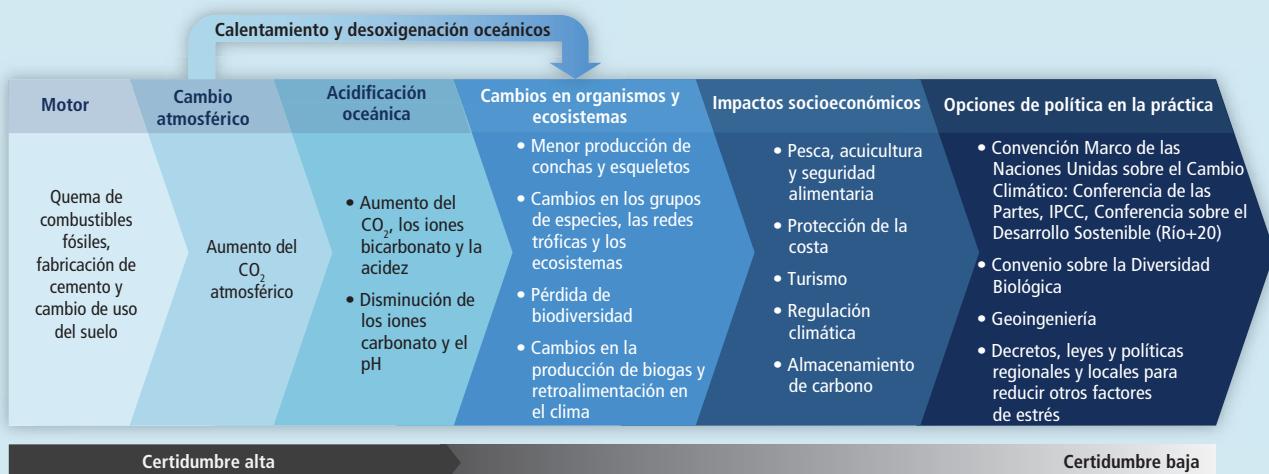
Las proyecciones indican que, a lo largo del siglo XXI, los impactos del cambio climático ralentizarán el crecimiento económico, harán más difícil reducir la pobreza, menoscabarán más la seguridad alimentaria, y harán que continúen las trampas de pobreza existentes y se creen otras nuevas, especialmente en las zonas urbanas y las nuevas zonas críticas de hambruna (*nivel de confianza medio*). Se prevé que los impactos del cambio climático exacerbarán la pobreza en la mayoría de los países en desarrollo y creen nuevos focos de pobreza en países donde crezca la desigualdad, tanto en los países desarrollados como en desarrollo. En las zonas urbanas y rurales, se prevé que resulten especialmente afectados los hogares pobres dependientes del trabajo asalariado que sean compradores netos de alimentos, debido al aumento del precio de estos, en particular en

## Recuadro RT.7 | Acidificación del océano

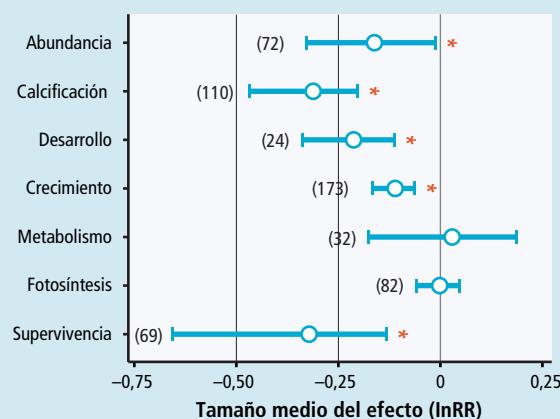
La acidificación oceánica y el calentamiento global antropógenos obedecen a una misma causa, que es el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico (recuadro RT.7 figura 1A). [GTI IE5 2.2] La eutrofización, el afloramiento y la deposición de nitrógeno y azufre atmosféricos agravan la acidificación oceánica a escala local. [5.3, 6.1, 30.3] La química fundamental de la acidificación del océano se comprende bien (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [30.3; GTI IE5 3.8, 6.4] Ha sido más difícil comprender y realizar proyecciones de los cambios en los sistemas costeros por su mayor complejidad. [5.3, 30.3]

La acidificación del océano se produce al mismo tiempo que tienen lugar otros cambios globales (p. ej., calentamiento y disminución de los niveles de oxígeno) y locales (p. ej., contaminación y eutrofización) (*nivel de confianza alto*). Distintos motores simultáneos, como el calentamiento y la acidificación del océano, pueden tener impactos interactivos, complejos y amplificados en las especies y los ecosistemas. De la acidificación del océano se deriva un patrón de impactos positivos y negativos para los procesos y los organismos (*nivel de confianza alto*, recuadro RT.7 figura 1B), pero siguen existiendo incertidumbres clave al respecto desde el nivel de organismos hasta el de ecosistemas. Existe una amplia gama de sensibilidades en y entre los organismos, con una mayor sensibilidad en las primeras etapas de la vida. [6.3] Con menores pH disminuye la tasa de calcificación de la mayoría de los organismos calcificadores del fondo marino, aunque no de todos ellos, lo que reduce su competitividad con los organismos no calcificadores (*evidencia sólida, nivel de acuerdo medio*). [5.4, 6.3] La acidificación del océano potencia la disolución de carbonato cálcico (*nivel de confianza muy alto*). Estimula el crecimiento y la producción primaria de los pastos marinos y algunas especies de fitoplancton (*nivel de confianza alto*), y podrían resultar más frecuentes las proliferaciones de algas perjudiciales (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Se han documentado perturbaciones graves de comportamiento en algunos peces (*nivel de confianza alto*). [6.3] Los análogos

A)



B)



**Recuadro RT.7 figura 1 | A)** Visión general de los impactos químicos, biológicos y socioeconómicos de la acidificación del océano y de las opciones de política. **B)** Efecto de la acidificación en un futuro cercano (disminución del pH del agua marina  $\leq 0,5$  unidades) sobre las principales variables de respuesta, estimado mediante metaanálisis ponderados de los efectos aleatorios, a excepción de la supervivencia, que no está ponderada. La transformación logarítmica del ratio de respuesta (lnRR) da la relación entre el efecto medio en el tratamiento de la acidificación y el efecto medio en un grupo de control. Indica el proceso que se ve afectado de forma más uniforme por la acidificación oceánica, pero existen grandes variaciones entre especies. Se determina la significancia en los casos en que el intervalo de confianza del 95% tras aplicar el método "bootstrap" no cruza el cero. El número de experimentos utilizados en el análisis se muestra entre paréntesis. El asterisco denota el efecto estadísticamente significante. [figura AO-1, recuadro CC-AO]

Continúa en la página siguiente →

### Recuadro RT.7 (continuación)

naturales en los respiraderos de CO<sub>2</sub> indican una disminución de la diversidad de especies, la biomasa y la complejidad trófica. Las transformaciones en la efectividad y distribución de los organismos modificarán las interacciones tanto entre depredadores y presas como competitivas, lo que podría tener consecuencias en las redes de alimentación y en los niveles tróficos más altos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). [6.3]

Algunos estudios indican una *evidencia limitada* de adaptación en el fitoplancton y los moluscos. Sin embargo, en la historia de la Tierra han ocurrido extinciones en masa con tasas de cambio en la acidificación del océano mucho menores, en combinación con otros motores, lo que sugiere que probablemente las tasas evolutivas sean demasiado lentas para que las especies sensibles y con largos ciclos vitales puedan adaptarse a las velocidades proyectadas de futuro cambio (*nivel de confianza medio*). [6.1]

Los cambios biológicos, ecológicos y biogeoquímicos ocasionados por la acidificación del océano afectarán a servicios ecosistémicos clave. Los océanos serán menos eficaces para absorber el CO<sub>2</sub> y por tanto para moderar el clima (*nivel de confianza muy alto*). [GTI IE5 figura 6.26] Los impactos de la acidificación del océano en los arrecifes de coral, junto con los del estrés térmico (que provocan decoloración y mortalidad del coral en masa) y la elevación del nivel del mar, harán que pierda intensidad su función de protección de la costa y disminuyan los beneficios directos e indirectos que aportan a las industrias pesquera y turística (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). [recuadro CC-AC] El costo global de la pérdida de producción de moluscos podría ser superior a 100 000 millones de dólares de Estados Unidos en 2100 (*nivel de confianza bajo*). La mayor incertidumbre es saber cómo se propagarán los impactos en los niveles tróficos más bajos a través de las cadenas de alimentación hasta los depredadores superiores. Los modelos sugieren que la acidificación del océano en general hará que disminuyan la biomasa ictiológica y las capturas (*nivel de confianza bajo*) y ocurrirán complejas interacciones aditivas, antagonistas y/o sinérgicas con derivaciones perturbadoras para los ecosistemas y para importantes bienes y servicios ecosistémicos.

las regiones con alta inseguridad alimentaria y gran desigualdad (sobre todo en África), si bien podrían salir beneficiados los trabajadores agrícolas por cuenta propia. Los programas de seguros, las medidas de protección social y la gestión de riesgos de desastre pueden hacer que mejore a largo plazo la resiliencia de los medios de subsistencia entre los pobres y los marginados, siempre y cuando las políticas aborden la pobreza y las desigualdades multidimensionales. [8.1, 8.3, 8.4, 9.3, 10.9, 13.2 a 13.4, 22.3, 26.8]

### B-3. Riesgos regionales y potencial de adaptación

Los riesgos variarán a lo largo del tiempo entre las regiones y las poblaciones, en función de un extenso número de factores, entre ellos el alcance de la adaptación y la mitigación. En el cuadro RT.5 se presenta una selección de los riesgos clave regionales para los que hay un *nivel de confianza* entre *medio* y *alto*. Los cambios proyectados en el clima y el creciente contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera tendrán efectos positivos para algunos sectores en algunos lugares. Para un resumen ampliado de los riesgos regionales y los beneficios potenciales más limitados, véanse las sinopsis introductorias de cada región que figuran a continuación y GTII IE5 Parte B: Aspectos regionales, capítulos 21 a 30.

**Africa.** El cambio climático hará que se intensifiquen los factores de estrés existentes sobre la disponibilidad de agua y los sistemas agrícolas, en particular en los entornos semiáridos (*nivel de confianza alto*). Es *muy probable* que las temperaturas en aumento y los cambios en la precipitación redunden en una menor productividad de los cultivos de cereales, con fuertes efectos adversos en la seguridad alimentaria (*nivel de confianza alto*). Se han logrado progresos en la gestión de los riesgos en la producción de alimentos respecto

de la variabilidad climática actual y el cambio climático a corto plazo, pero esto no será suficiente para solucionar los impactos a largo plazo del cambio climático. En este sentido ofrecen posibles trayectorias de fortalecimiento de las capacidades adaptativas los procesos agrícolas adaptativos como la investigación colaborativa y participativa que incluye sistemas de comunicación reforzados entre los científicos y los agricultores para anticipar y responder a los riesgos climáticos, así como una mayor flexibilidad en las opciones de medios de subsistencia. El cambio climático hace que se multipliquen las vulnerabilidades de la salud existentes como son el insuficiente acceso a agua potable y saneamiento mejorado, la inseguridad alimentaria y el limitado acceso a la atención de salud y la educación. Las estrategias que integran la consideración de los riesgos del cambio climático en la gestión de la tierra y el agua y la reducción de riesgos de desastre potencian el desarrollo de resiliencia. [22.3, 22.4, 22.6]

**Europa.** El cambio climático hará que aumente la probabilidad de fallos sistémicos en los países europeos causados por episodios de clima extremo que afectarán a varios sectores (*nivel de confianza medio*). Las proyecciones indican que la elevación del nivel del mar y los aumentos en la precipitación extrema harán que aumenten más los riesgos de inundaciones costeras y fluviales y, sin medidas de adaptación, que aumenten sustancialmente los daños de las inundaciones (esto es, personas afectadas y pérdidas económicas); la adaptación puede prevenir la mayoría de los daños proyectados (*nivel de confianza alto*). Es *probable* que aumenten las muertes y las lesiones relacionadas con el calor, especialmente en el sur de Europa (*nivel de confianza medio*). Es *probable* que el cambio climático haga que aumenten los rendimientos agrícolas de los cereales en el norte de Europa (*nivel de confianza medio*) pero haga que disminuyan en el sur de Europa (*nivel de confianza alto*). El cambio climático se traducirá en mayores necesi-

dades de riego en Europa, y el futuro regadío se verá constreñido por una menor escorrentía, la demanda de otros sectores y costos económicos, con la gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia para atender las necesidades competitivas de agua. Es probable que disminuya la producción de energía hidroeléctrica en todas las subregiones excepto en Escandinavia. Es muy probable que el cambio climático ocasione cambios en los hábitats y las especies y extinciones locales (*nivel de confianza alto*), transformaciones a escala continental en las distribuciones de especies (*nivel de confianza medio*) y reducciones significativas del hábitat vegetal alpino (*nivel de confianza alto*). Es probable que el cambio climático conlleve la pérdida o el desplazamiento de humedales costeros. Es probable que con el cambio climático aumente la introducción y expansión de especies invasoras, especialmente las que tengan mayores tasas de migración, provenientes del exterior de Europa (*nivel de confianza medio*). [23.2 a 23.9]

**Cuadro RT.5 | Riesgos clave regionales del cambio climático y potencial de reducción de los riesgos mediante la adaptación y mitigación.** Los riesgos clave se han identificado sobre la base de la evaluación de las publicaciones científicas, técnicas y socioeconómicas pertinentes que se detallan en secciones de apoyo del capítulo. La identificación de los riesgos clave se ha basado en el juicio experto utilizando los siguientes criterios: gran magnitud, alta probabilidad o irreversibilidad de los impactos; momento de los impactos; vulnerabilidad o exposición persistente que contribuye a los riesgos; o potencial limitado para reducir los riesgos mediante adaptación o mitigación. Cada riesgo clave se representa con un valor entre muy bajo y muy alto para tres marcos temporales: el presente, el corto plazo (evaluado para 2030-2040), y el largo plazo (evaluado para 2080-2100). Los niveles de riesgo integran la probabilidad y la consecuencia por encima del rango más amplio posible de resultados potenciales, basándose en las publicaciones disponibles. Esos resultados potenciales se derivan de la interacción de los peligros, la vulnerabilidad y la exposición conexos al clima. Cada nivel de riesgo refleja el riesgo total por factores climáticos y no climáticos. Para la era a corto plazo de cambio climático asegurado, los niveles proyectados de aumento de la temperatura media global no divergen sustancialmente para los distintos escenarios de emisiones. Para el largo plazo, los niveles de riesgo se presentan respecto de dos escenarios de aumento de la temperatura media global (2 °C y 4 °C por encima de los niveles preindustriales). Estos escenarios ilustran el potencial de mitigación y adaptación para reducir los riesgos conexos al cambio climático. Para el presente, se han estimado los valores de riesgo en relación con la adaptación actual y un estado hipotético de gran adaptación, y se ha determinado dónde existen actualmente déficits de adaptación. Para dos marcos temporales futuros, se han estimado los valores de riesgo para una continuación de la adaptación actual y un estado hipotético de gran adaptación, y se han representado el potencial de adaptación y sus límites. Los motores climáticos de los impactos se indican mediante iconos. Los riesgos clave y los niveles de riesgo varían entre las regiones y a lo largo del tiempo, según las diferentes trayectorias de desarrollo socioeconómico, la vulnerabilidad y exposición a los peligros, la capacidad adaptativa y las percepciones del riesgo. Los niveles de riesgo no son necesariamente comparables, especialmente entre las regiones, dado que la evaluación considera los impactos potenciales y la adaptación en diferentes sistemas físicos, biológicos y humanos a través de contextos diversos. Esta evaluación de los riesgos reconoce la importancia de las diferencias en los valores y los objetivos de interpretación de los niveles de riesgo evaluados.

Motores climáticos de los impactos										Nivel de riesgo y potencial de adaptación															
										Potencial de adaptación adicional para reducir el riesgo	Nivel de riesgo con gran adaptación	Nivel de riesgo con la adaptación actual													
<b>Africa</b>																									
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas					Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación																	
Intensificación del estrés sobre los recursos hídricos que afrontan un importante agotamiento por la sobreexplotación y la degradación en el presente y deberán afrontar una mayor demanda en el futuro, con una agravación a causa del estrés por sequía en las regiones de África propensas a la sequía ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [22.3, 22.4 ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de los factores de estrés no climáticos que afectan a los recursos hídricos</li> <li>Fortalecimiento de las capacidades institucionales de gestión de la demanda, evaluación de las aguas subterráneas, planificación integrada de los recursos hídricos y las aguas residuales y gobernanza integrada del suelo y el agua</li> <li>Desarrollo urbano sostenible</li> </ul>						Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td><td>Medio</td><td>Muy alto</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto				<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td><td>Medio</td><td>Muy alto</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>					Muy bajo	Medio	Muy alto			
Muy bajo	Medio	Muy alto																							
Muy bajo	Medio	Muy alto																							
Reducción de la productividad de los cultivos asociada al estrés por calor y sequía, con fuertes efectos adversos en los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria de las regiones, los países y los hogares; también a causa de un mayor daño por plagas y enfermedades y del impacto de las inundaciones en la infraestructura de los sistemas alimentarios ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [22.3, 22.4 ]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respuestas de adaptación tecnológica (por ejemplo, variedades de cultivos tolerantes al estrés, riego o sistemas de observación avanzados)</li> <li>Mejoramiento del acceso de los pequeños agricultores al crédito y otros recursos de producción esenciales; diversificación de los medios de subsistencia</li> <li>Fortalecimiento de las instituciones a nivel local, nacional y regional en apoyo de la agricultura (incluidos sistemas de alerta temprana) y política con perspectiva de género</li> <li>Respuestas de adaptación agronómica (por ejemplo, agrosilvicultura o agricultura de conservación)</li> </ul>						Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td><td>Medio</td><td>Muy alto</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto				<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td><td>Medio</td><td>Muy alto</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>					Muy bajo	Medio	Muy alto			
Muy bajo	Medio	Muy alto																							
Muy bajo	Medio	Muy alto																							
Cambios en la incidencia y el área de distribución geográfica de las enfermedades transmitidas por vectores y por el agua debido a cambios en el promedio y la variabilidad de la temperatura y la precipitación, especialmente en los bordes de sus áreas de distribución ( <i>nivel de confianza medio</i> ) [22.3]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logro de objetivos de desarrollo, en particular mejor acceso a agua segura y saneamiento moderno, y mejoramiento de las funciones de salud pública como la vigilancia</li> <li>Elaboración de esquemas de vulnerabilidades, y sistemas de alerta temprana</li> <li>Coordinación entre los sectores</li> <li>Desarrollo urbano sostenible</li> </ul>						Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td><td>Medio</td><td>Muy alto</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>	Muy bajo	Medio	Muy alto				<table border="1"> <tr> <td>Muy bajo</td><td>Medio</td><td>Muy alto</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td></tr> </table>					Muy bajo	Medio	Muy alto			
Muy bajo	Medio	Muy alto																							
Muy bajo	Medio	Muy alto																							

Continúa en la página siguiente →

## Cuadro RT.5 (continuación)

Continúa en la página siguiente →

Europa					
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación	
Mayores pérdidas económicas y mayor número de personas afectadas por inundaciones en las cuencas fluviales y las costas, impulsados por el aumento cada vez mayor de la urbanización, los niveles del mar, la erosión de la costa y las descargas fluviales máximas (nivel de confianza alto)  [23.2, 23.3, 23.7]	La adaptación puede prevenir la mayoría de los daños proyectados ( <i>nivel de confianza alto</i> ). <ul style="list-style-type: none"><li>Experiencia sustancial en tecnologías de protección contra inundaciones con elementos estructurales y experiencia creciente en restauración de humedales</li><li>Costos elevados para los crecientes niveles de protección contra las inundaciones</li><li>Barreras potenciales a la aplicación: demanda de suelo en Europa y preocupaciones ambientales y paisajísticas</li></ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Mayores restricciones de agua. Reducción sustancial en la disponibilidad de agua proveniente de la extracción fluvial y de los recursos de aguas subterráneas, combinada con una mayor demanda de agua (por ejemplo, para el riego, la obtención de energía, la industria o el uso doméstico) y con un menor drenaje y escorrentía como resultado de una mayor evaporación, especialmente en el sur de Europa (nivel de confianza alto)  [23.4, 23.7]	• Potencial de adaptación demostrado gracias a la adopción de más tecnologías eficientes para el agua y estrategias de ahorro de agua (por ejemplo, para el riego, especies cultivables, cubierta terrestre, industrias o uso doméstico) <ul style="list-style-type: none"><li>Aplicación de prácticas idóneas e instrumentos de gobernanza en los planes de gestión de las cuencas fluviales y la gestión integrada de los recursos hídricos</li></ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Mayores pérdidas económicas y mayor número de personas afectadas por episodios de calor extremo: impactos en la salud y el bienestar, la productividad laboral, la producción agrícola y la calidad del aire, y el creciente riesgo de que se produzcan incendios forestales en el sur de Europa y en la región boreal de Rusia (nivel de confianza medio)  [23.3 a 23.7, cuadro 23-1]	• Aplicación de sistemas de alerta <ul style="list-style-type: none"><li>Adaptación de las viviendas, los lugares de trabajo y las infraestructuras de transporte y energía</li><li>Reducciones en las emisiones para mejorar la calidad del aire</li><li>Gestión avanzada de los incendios forestales</li><li>Desarrollo de productos de seguros contra las variaciones en los rendimientos conexos a la meteorología</li></ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Asia					
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación	
Mayores inundaciones fluviales, costeras y urbanas, ocasionando daños generalizados a la infraestructura, los medios de subsistencia y los asentamientos en Asia (nivel de confianza medio)  [24.4]	• Reducción de la exposición mediante medidas estructurales y no estructurales, planificación eficaz del uso del suelo y reubicación selectiva <ul style="list-style-type: none"><li>Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura y los servicios de aseguramiento de la vida (por ejemplo, agua, energía, gestión de desechos, alimentos, biomasa, movilidad, ecosistemas locales o telecomunicaciones)</li><li>Construcción de sistemas de vigilancia y alerta temprana; medidas de identificación de zonas expuestas, de asistencia a zonas y hogares vulnerables y de diversificación de los medios de subsistencia</li><li>Diversificación económica</li></ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Mayor riesgo de mortalidad relacionada con el calor (nivel de confianza alto)  [24.4]	• Sistemas de alerta sanitaria en caso de olas de calor <ul style="list-style-type: none"><li>Planificación urbana para reducir las islas de calor; mejora del entorno construido; desarrollo de ciudades sostenibles</li><li>Nuevas prácticas de trabajo destinadas a evitar estrés por calor entre los trabajadores de exterior</li></ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	
Mayor riesgo de escasez de agua y alimentos conexo a la sequía causante de malnutrición (nivel de confianza alto)  [24.4]	• Preparación para casos de desastre con inclusión de sistemas de alerta temprana y estrategias locales para afrontar los desastres <ul style="list-style-type: none"><li>Gestión adaptativa/integrada de los recursos hídricos</li><li>Desarrollo de infraestructuras hidrálicas y embalses</li><li>Diversificación de las fuentes de agua incluida la reutilización de agua</li><li>Uso más eficiente del agua (por ejemplo, mejores prácticas agrícolas, gestión del riego y agricultura resiliente)</li></ul>		Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Muy bajo Medio Muy alto	

medio). Las respuestas adaptativas comprenden las estrategias de gestión integrada del agua, como el desarrollo de tecnologías de ahorro de agua, mayor productividad hídrica y reutilización del agua. Los episodios climáticos extremos tendrán un creciente impacto en la salud humana, la seguridad, los medios de subsistencia y la pobreza, siendo el tipo y la magnitud del impacto variable en el conjunto de Asia (nivel de confianza alto). En muchas partes de Asia, los impactos terrestres observados, como degradación del permafrost y cambios en las distribuciones de especies vegetales, tasas de crecimiento y calendario de las actividades estacionales, se intensificarán debido al cambio climático proyectado durante el siglo XXI. Los sistemas costeros y marinos en Asia, como manglares, lechos de pastos marinos, marismas de agua salada y arrecifes de coral, se ven sometidos cada vez a mayor estrés por motores climáticos y no climáticos. En el Ártico asiático, la elevación del nivel del mar en interacción

con los cambios en el permafrost y la duración de la estación libre de hielo indicados en las proyecciones harán que aumenten las tasas de erosión costera (nivel de confianza medio, nivel de acuerdo alto). [24.4, 30.5]

**Australasia.** Las proyecciones señalan que, sin adaptación, los nuevos cambios en el clima, el dióxido de carbono atmosférico y la acidez del océano tendrán impactos sustanciales en los recursos hídricos, los ecosistemas costeros, la infraestructura, la salud, la agricultura y la biodiversidad (nivel de confianza alto). Las proyecciones indican que los recursos de agua dulce disminuirán en los extremos suroccidental y suroriental del continente australiano (nivel de confianza alto) y en algunos ríos de Nueva Zelanda (nivel de confianza medio). Señalan asimismo que los crecientes niveles del mar y el aumento de la precipitación intensa harán que aumente la erosión y la inundación,

Cuadro RT.5 (continuación)

Continúa en la página siguiente →

Australasia					
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación	
Cambio significativo en la composición y estructura de la comunidad de los sistemas de arrecifes de coral en Australia ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [25.6, 30.5, recuadros CC-AC y CC-AO]	<ul style="list-style-type: none"> <li>La capacidad de los corales para adaptarse de forma natural parece limitada e insuficiente para compensar los efectos nocivos de las crecientes temperaturas y acidificación</li> <li>Otras opciones se limitan principalmente a reducir otros factores de estrés (calidad del agua, turismo y pesca) y sistemas de alerta temprana; se han propuesto intervenciones directas como la colonización asistida y el sombreado pero aún no se han probado a escala</li> </ul>	  	Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Medio	Muy alto Muy alto
Mayor frecuencia e intensidad de los daños ocasionados por inundaciones sobre la infraestructura y los asentamientos en Australia y Nueva Zelanda ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [cuadro 25-1, recuadros 25-8 y 25-9]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Importante déficit de adaptación en algunas regiones ante los actuales riesgos de inundación</li> <li>La adaptación eficaz comprende controles del uso del suelo y reubicación así como protección y acomodación del mayor riesgo para garantizar flexibilidad</li> </ul>		Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Medio	Muy alto Muy alto
Crecientes riesgos para la infraestructura costera y los ecosistemas situados a baja altitud en Australia y Nueva Zelanda, con daño generalizado en la parte superior de los rangos de elevación del nivel del mar proyectados ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [25.6, 25.10, recuadro 25-1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déficit de adaptación en algunas ubicaciones ante el actual riesgo de erosión costera e inundación. Los ciclos sucesivos de construcción y protección limitan las respuestas flexibles</li> <li>La adaptación eficaz comprende controles del uso del suelo y, en última instancia, reubicación así como protección y acomodación</li> </ul>	 	Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Medio	Muy alto Muy alto
América del Norte					
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación	
Pérdidas inducidas por los incendios forestales sobre la integridad de los ecosistemas, la propiedad y la morbilidad y mortalidad humana como resultado de tendencias de crecimiento de la desecación y las temperaturas ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [26.4, 26.8, recuadro 26-2]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algunos ecosistemas están más adaptados al fuego que otros. Los administradores forestales y los planificadores municipales cada vez incorporan con mayor frecuencia medidas de protección contra incendios (por ejemplo, quema prescrita, introducción de vegetación resiliente). La capacidad institucional de apoyo a la adaptación de los ecosistemas es limitada</li> <li>La adaptación de los asentamientos humanos está limitada por el rápido auge de la propiedad privada en las zonas de alto riesgo y por la reducida capacidad adaptativa de los hogares</li> <li>La agrosilvicultura puede ser una estrategia eficaz de reducción de las prácticas de corta y quema en México.</li> </ul>	 	Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Medio	Muy alto Muy alto
Mortalidad humana conexa al calor ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [26.6, 26.8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>El aire acondicionado residencial puede reducir eficazmente el riesgo. Sin embargo, la disponibilidad y el uso del aire acondicionado son muy variables y desaparecen totalmente durante los cortes de electricidad. Entre las poblaciones vulnerables figuran los atletas y los trabajadores de exterior, que no tienen posibilidad de recurrir al aire acondicionado</li> <li>Las adaptaciones a escala de la comunidad y el hogar tienen posibilidades de servir para reducir la exposición al calor extremo a través del apoyo familiar, sistemas de alerta temprana de olas de calor, centros de refrigeración, el reverdecimiento y superficies de albedo alto</li> </ul>		Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Medio	Muy alto Muy alto
Las inundaciones urbanas en zonas fluviales y costeras, que inducen pobreza y daños en las infraestructuras; desorganización de la cadena de suministro, los ecosistemas y los sistemas sociales; impactos de salud pública; y disminución de la calidad del agua, debido a la elevación del nivel del mar, precipitación extrema y ciclones ( <i>nivel de confianza alto</i> ) [26.2 a 26.4, 26.8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>La aplicación de la gestión del drenaje urbano es onerosa y perturbadora en las zonas urbanas</li> <li>Las estrategias de bajo riesgo con cobeneficios comprenden superficies menos impermeables que permiten una mayor recarga de las aguas subterráneas, una infraestructura verde y jardines y huertos en las azoteas</li> <li>La elevación del nivel del mar hace que aumente el nivel del agua en los desagües costeros, lo que impide el drenaje. En muchos casos, es necesario actualizar las antiguas normas de diseño para precipitaciones que se utilizan para reflejar las actuales condiciones climáticas</li> <li>La conservación de los humedales, en particular los manglares, y las estrategias de planificación de uso del suelo pueden reducir la intensidad de los episodios de inundación</li> </ul>	  	Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Medio	Muy alto Muy alto

con los consiguientes daños en muchos ecosistemas, infraestructuras y viviendas situados a baja altitud (*nivel de confianza alto*); el aumento de las olas de calor hará que aumenten los riesgos para la salud humana; los cambios en las lluvias y las crecientes temperaturas provocarán traslados de las zonas de producción agrícola; y muchas especies autóctonas sufrirán contracciones en sus zonas de distribución, y algunas de ellas pueden que afronten la extinción local o incluso global. Sigue siendo grande la incertidumbre respecto de los cambios proyectados en las lluvias para muchas partes de Australia y Nueva Zelanda, lo que crea importantes retos para la adaptación. Hay sectores en algunos lugares que tienen posibilidades de beneficiarse de los cambios proyectados en el clima y el aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico, por ejemplo, debido a una menor demanda de energía para calefacción durante el invierno en Nueva Zelanda y partes del sur de Australia, y debido al crecimiento de los bosques en las

regiones más frías, excepto en los lugares donde los nutrientes del suelo y la lluvia son limitantes. Los pueblos indígenas de Australia y Nueva Zelanda están más expuestos al cambio climático que el promedio de la población debido a su gran dependencia de industrias primarias sensibles al clima y las férreas conexiones sociales con el entorno natural, y afrontan limitaciones adicionales para la adaptación (*nivel de confianza medio*). [25.2, 25.3, 25.5 a 25.8, recuadros 25-1, 25-2, 25-5 y 25-8]

**América del Norte.** Muchos peligros relacionados con el clima que conllevan riesgo, en particular los relacionados con calor severo, precipitación intensa y disminución del manto de hielo, aumentarán en frecuencia y/o severidad en América del Norte en los próximos decenios (*nivel de confianza muy alto*). El cambio climático hará que aumenten los riesgos para los recursos hídricos que

Cuadro RT.5 (continuación)

Continúa en la página siguiente →

América Central y del Sur						
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación		
Disponibilidad de agua en las regiones semiaridas y dependientes del deshielo de los glaciares y en América Central; inundaciones y deslizamientos de tierra en zonas urbanas y rurales debido a la precipitación extrema (nivel de confianza alto) [27.3]	• Gestión integrada de los recursos hídricos • Gestión de inundaciones urbanas y rurales (incluida la infraestructura), sistemas de alerta temprana, mejores predicciones meteorológicas y de la escorrentía, y control de enfermedades infecciosas			Muy bajo	Medio	Muy alto
Menor producción de alimentos y calidad alimentaria (nivel de confianza medio) [27.3]	• Desarrollo de nuevas variedades de cultivos más adaptadas al cambio climático (temperatura y sequía) • Compensación de los impactos de la menor calidad alimentaria en la salud humana y animal • Compensación de los impactos económicos del cambio de uso del suelo • Fortalecimiento de los sistemas y prácticas derivados de los conocimientos indígenas tradicionales			Muy bajo	Medio	Muy alto
Difusión de las enfermedades transmitidas por vectores en altitud y latitud (nivel de confianza alto) [27.3]	• Desarrollo de sistemas de alerta temprana para el control y mitigación de enfermedades basado en fuentes climáticas o de otro tipo pertinentes. Hay muchos factores que inducen una mayor vulnerabilidad • Establecimiento de programas para ampliar los servicios básicos de salud pública			Muy bajo	Medio	Muy alto
Riesgos para los ecosistemas de agua dulce y terrestres (nivel de confianza alto) y los ecosistemas marinos (nivel de confianza medio), a causa 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 [28.2 a 28.4]	• Mejora de la comprensión gracias a los conocimientos científicos e indígenas, lo que produce soluciones más efectivas e/o innovaciones tecnológicas • Mejor vigilancia, regulación y sistemas de alerta que logren el uso seguro y sostenible de los recursos ecosistémicos • Diversificación de las especies de caza y pesca, si es posible, y de las fuentes de ingresos			Muy bajo	Medio	Muy alto
Riesgos para la salud y el bienestar de los habitantes del Ártico, debido a lesiones y enfermedades derivadas del entorno físico cambiante, inseguridad alimentaria, falta de agua potable fiável y segura y daño en la infraestructura, en particular la infraestructura de las regiones de permafrost (nivel de confianza alto) [28.2 a 28.4]	• Elaboración conjunta de soluciones más sólidas que combinan la ciencia y tecnología y los conocimientos científicos • Sistemas avanzados de observación, vigilancia y alerta • Mejores comunicaciones, educación y formación • Modificación de las bases de recursos, el uso del suelo, y/o las zonas de asentamiento			Muy bajo	Medio	Muy alto
Retos sin precedentes para las comunidades del norte debido a las complejas interrelaciones entre los peligros conexos al clima y los factores sociales, especialmente si el cambio se produce a una tasa mayor que la de adaptación de los sistemas sociales (nivel de confianza alto) [28.2 a 28.4]	• Elaboración conjunta de soluciones más sólidas que combinan la ciencia y tecnología y los conocimientos científicos • Sistemas avanzados de observación, vigilancia y alerta • Mejores comunicaciones, educación y formación • Respuestas de gestión adaptativa conjunta dadas mediante soluciones a las reclamaciones de tierras			Muy bajo	Medio	Muy alto
Regiones polares						
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación		
Riesgos para los ecosistemas de agua dulce y terrestres (nivel de confianza alto) y los ecosistemas marinos (nivel de confianza medio), a causa 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 [28.2 a 28.4]	• Mejora de la comprensión gracias a los conocimientos científicos e indígenas, lo que produce soluciones más efectivas e/o innovaciones tecnológicas • Mejor vigilancia, regulación y sistemas de alerta que logren el uso seguro y sostenible de los recursos ecosistémicos • Diversificación de las especies de caza y pesca, si es posible, y de las fuentes de ingresos			Muy bajo	Medio	Muy alto
Riesgos para la salud y el bienestar de los habitantes del Ártico, debido a lesiones y enfermedades derivadas del entorno físico cambiante, inseguridad alimentaria, falta de agua potable fiável y segura y daño en la infraestructura, en particular la infraestructura de las regiones de permafrost (nivel de confianza alto) [28.2 a 28.4]	• Elaboración conjunta de soluciones más sólidas que combinan la ciencia y tecnología y los conocimientos científicos • Sistemas avanzados de observación, vigilancia y alerta • Mejores comunicaciones, educación y formación • Modificación de las bases de recursos, el uso del suelo, y/o las zonas de asentamiento			Muy bajo	Medio	Muy alto
Retos sin precedentes para las comunidades del norte debido a las complejas interrelaciones entre los peligros conexos al clima y los factores sociales, especialmente si el cambio se produce a una tasa mayor que la de adaptación de los sistemas sociales (nivel de confianza alto) [28.2 a 28.4]	• Elaboración conjunta de soluciones más sólidas que combinan la ciencia y tecnología y los conocimientos científicos • Sistemas avanzados de observación, vigilancia y alerta • Mejores comunicaciones, educación y formación • Respuestas de gestión adaptativa conjunta dadas mediante soluciones a las reclamaciones de tierras			Muy bajo	Medio	Muy alto
Islas pequeñas						
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación		
Pérdida de medios de subsistencia, asentamientos costeros, infraestructura, servicios ecosistémicos y estabilidad económica (nivel de confianza alto) [29.6, 29.8, figura 29-4]	• Existe un importante potencial para la adaptación en las islas, pero nuevos recursos externos y tecnologías mejorarían la respuesta • Mantenimiento y mejora de las funciones y los servicios ecosistémicos y de la seguridad de agua y alimentos • Se prevé que en el futuro merme mucho la eficacia de las estrategias tradicionales de respuesta de la comunidad			Muy bajo	Medio	Muy alto
La interacción del creciente nivel global del mar en el siglo XXI con episodios de gran elevación del nivel del agua supondrá una amenaza para las zonas costeras bajas (nivel de confianza alto) [29.4, cuadro 29-1; GTI IE5 13.5, cuadro 13.5]	• La alta proporción de superficie costera en relación con la masa terrestre en las islas hará que la adaptación suponga un importante problema financiero y de recursos • Entre las posibilidades de adaptación figuran el mantenimiento y la restauración de la topografía y los ecosistemas costeros, una mejor gestión de los suelos y los recursos de agua dulce y unos códigos de construcción y pautas de asentamiento adecuados			Muy bajo	Medio	Muy alto

Cuadro RT.5 (continuación)

Los océanos				
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas	Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación
Cambio en la distribución de las especies de peces e invertebrados, y disminución del potencial de capturas pesqueras en latitudes bajas, por ejemplo, en los sistemas de surgenicia ecuatoriales y de límites costeros y en los giros subtropicales ( <i>nivel de confianza alto</i> )  [6.3, 30.5, 30.6, cuadros 6-6 y 30-3, recuadro CC-BM]	• El potencial de adaptación evolutiva de las especies de peces e invertebrados ante el calentamiento es limitado, según lo indican sus cambios en la distribución para mantener las temperaturas • Posibilidades de adaptación humana: cambio de ubicación a gran escala de las actividades pesqueras industriales tras confrontar las disminuciones regionales (baja latitud) con los posibles incrementos transitorios (alta latitud) en el potencial de capturas; gestión flexible, con capacidad para reaccionar a la variabilidad y el cambio; mejora de la resiliencia de los peces ante el estrés térmico mediante la reducción del efecto de otros factores de estrés como la contaminación y la eutrofización; ampliación de la acuicultura sostenible y desarrollo de medios de subsistencia alternativos en algunas regiones		Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Muy alto
Menor biodiversidad, abundancia de pesca y protección costera mediante arrecifes de coral debido al aumento de la decoloración y la mortalidad masiva de los corales inducidas por el calor, con el agravante de la acidificación del océano, por ejemplo, en los sistemas de límites costeros y en los giros subtropicales ( <i>nivel de confianza alto</i> )  [5.4, 6.4, 30.3, 30.5, 30.6, cuadros 6-6 y 30-3, recuadro CC-AC]	• La evidencia de la rápida evolución de los corales es muy limitada. Algunos corales pueden migrar a latitudes más altas, pero se prevé que habrá sistemas de arrecifes enteros que no serán capaces de seguir el ritmo de las altas tasas de cambios en las temperaturas • Las posibilidades de adaptación humana se limitan a disminuir el efecto de otros estreses, principalmente por medio de mejorar la calidad del agua y limitar las presiones derivadas del turismo y la pesca. Esas posibilidades harán que los impactos del cambio climático en el ser humano se demoren unos cuantos decenios, pero su eficacia disminuirá mucho conforme aumente el estrés térmico		Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Muy alto
Inundaciones costeras y pérdidas de hábitats debido a la elevación del nivel del mar; episodios extremos, cambios en la precipitación y menor resiliencia ecológica, por ejemplo, en los sistemas de límites costeros y en los giros subtropicales ( <i>nivel de confianza entre medio y alto</i> )  [5.5, 30.5, 30.6, cuadros 6-6 y 30-3, recuadro CC-AC]	• Las posibilidades de adaptación humana se limitan a disminuir otros estreses, principalmente por medio de reducir la contaminación y limitar las presiones derivadas del turismo, la pesca, la destrucción física y la acuicultura insostenible • Reducción de la deforestación y aumento de la reforestación de las cuencas fluviales y las zonas costeras para retener los sedimentos y los nutrientes • Mayor protección de los manglares, arrecifes de coral y praderas marinas, y restauración para proteger numerosos bienes y servicios ecosistémicos como la protección costera, el valor turístico, y el hábitat de los peces		Muy bajo Presente Corto plazo (2030-2040) Largo plazo 2°C (2080-2100) 4°C	Medio Muy alto

ya están afectados por factores de estrés no climático, con impactos potenciales asociados al reducido manto de nieve, la menor calidad del agua, las inundaciones urbanas y los menores suministros hídricos para las áreas urbanas y el riego (*nivel de confianza alto*). Se dispone de más opciones de adaptación para abordar los déficits en el suministro de agua que para abordar las preocupaciones por las inundaciones y la calidad del agua (*nivel de confianza medio*). Cada vez es mayor el estrés que padecen los ecosistemas por el aumento de las temperaturas, las concentraciones de CO<sub>2</sub> y los niveles del mar, que tienen una vulnerabilidad especial a los fenómenos climáticos extremos (*nivel de confianza muy alto*). En muchos casos, los factores de estrés climáticos agravan otras influencias antropogénicas en los ecosistemas, incluidos los cambios de uso del suelo, las especies no autóctonas y la contaminación. Los aumentos proyectados en la temperatura, las disminuciones en la precipitación en algunas regiones y la mayor frecuencia de los episodios extremos provocarían disminuciones en la productividad neta en los principales cultivos en América del Norte al final del siglo XXI sin adaptación, si bien algunas regiones, especialmente en el norte, pudieran beneficiarse con los cambios. La adaptación, a menudo con los cobeneficios de la mitigación, podría compensar las repercusiones negativas en el rendimiento proyectadas para muchos cultivos con un aumento de la temperatura media global de 2 °C por encima de los niveles preindustriales, siendo menor la eficacia de la adaptación si el aumento es de 4 °C (*nivel de confianza alto*). Aunque los grandes centros urbanos tendrían mayores capacidades de adaptación, una alta densidad demográfica, unas infraestructuras inadecuadas, la falta de capacidad institucional y unos entornos naturales degradados redundarían en un mayor aumento de los futuros riesgos climáticos por olas de calor, sequías, tormentas y elevación del nivel del mar (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Los futuros riesgos de fenómenos climáticos extremos se pueden reducir, por ejemplo, mediante el funcionamiento selectivo y sostenible del aire acondicionado, más sistemas eficaces de aviso y respuesta, mejores controles de la contaminación, estrategias de planificación urbana y una infraestructura de salud resiliente (*nivel de confianza alto*). [26.3 a 26.6, 26.8]

**América Central y del Sur.** A pesar de las mejoras, los niveles persistentemente altos de pobreza en la mayoría de los países se traducen en una gran vulnerabilidad a la variabilidad y el cambio del clima (*nivel de confianza alto*). Se prevé que los impactos del cambio climático en la productividad agrícola mostrarán una gran variabilidad espacial, por ejemplo con una productividad sostenida o aumentada hasta mitad de siglo en el sureste de América del Sur y una disminución de productividad a corto plazo (en 2030) en América Central, lo que supone una amenaza a la seguridad alimentaria de las poblaciones más pobres (*nivel de confianza medio*). La menor precipitación y la mayor evapotranspiración en las regiones semiáridas harán que aumenten los riesgos por escasez de suministro de agua, lo que afectará a las ciudades, la generación de energía hidroeléctrica y la agricultura (*nivel de confianza alto*). Las estrategias de adaptación en curso incluyen un menor desajuste entre la oferta y la demanda de agua, y reformas de la gestión y coordinación en relación con el agua (*nivel de confianza medio*). La conversión de ecosistemas naturales, motor del cambio climático antropogénico, es la principal causa de pérdida de biodiversidad y ecosistemas (*nivel de confianza alto*). Se prevé que el cambio climático haga que aumenten las tasas de extinción de especies (*nivel de confianza medio*). En los sistemas costeros y marinos, la elevación del nivel del mar y los factores de estrés humanos hacen que aumenten los riesgos para las poblaciones de peces, los corales, los manglares, el turismo y recreación y el control de enfermedades (*nivel de confianza alto*). El cambio climático hará que se agraven los futuros riesgos para la salud en razón de las tasas regionales de crecimiento demográfico y las vulnerabilidades por la contaminación, la inseguridad alimentaria en las regiones pobres, y los actuales sistemas de salud, agua, saneamiento y recogida de desechos (*nivel de confianza medio*). [27.2, 27.3]

**Regiones polares.** El cambio climático y diversos motores no relacionados con el cambio climático, a menudo interconectados, incluidos los cambios ambientales, la demografía, la cultura y el desarrollo económico, interactúan en el Ártico para determinar los riesgos físicos, biológicos y socioeconómicos, con tasas de cambio que pueden ser más altas que la tasa de adaptación de los sistemas

**Cuadro RT.6** | Cambios observados y proyectados para el futuro en algunos tipos de valores extremos de la temperatura y la precipitación en 26 regiones subcontinentales definidas en el *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático* (Informe SREX) del IPCC. Los niveles de confianza se indican mediante el color de los símbolos. Los términos de probabilidad se indican solo para enunciados con *nivel de confianza alto* o *muy alto*. Las tendencias observadas en los valores extremos de la temperatura y la precipitación, incluidas sequedad y sequía, se calculan generalmente desde 1950, utilizando 1961-1990 como período de referencia, salvo que se indique otra cosa. Los cambios futuros se derivan de proyecciones de modelos climáticos globales y regionales para 2071-2100 en comparación con 1961-1990, o para 2080-2100 en comparación con 1980-2000. Las entradas del cuadro son resúmenes de la información contenida en los cuadros 3-2 y 3-3 del Informe SREX complementados o sustituidos por el material de las secciones 2.6, 14.8 y el cuadro 2.13 de GTI IE5 y el cuadro 25-1 de GTII IE5. La fuente o fuentes de información de cada entrada se indican mediante letras en superíndice: a) SREX cuadro 3-2; b) SREX cuadro 3-3; c) GTI IE5 2.6 y cuadro 2.13; d) GTI IE5 14.8; e) GTII IE5 cuadro 25-1. [cuadros 21-7 y SM21-2, figura 21-4]

Región/código de región	Tendencias en las temperaturas diurnas extremas (frecuencia de días cálidos y fríos)		Tendencias en la precipitación intensa (lluvia, nieve)		Tendencias en la sequedad y la sequía	
	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas
América del Norte occidental WNA, 3		<i>Muy probable</i> gran aumento de días cálidos (gran disminución de días fríos) <sup>a</sup>		Tendencias variables en función del espacio. Aumento general, disminución en algunas zonas <sup>a</sup>		Aumento en el valor de retorno de 20 años de la precipitación diaria máxima anual y otros parámetros en la parte norte de la región (Canadá) <sup>b</sup> Menor confianza en la parte sur de la región, debido a la señal inconsistente en los otros parámetros <sup>b</sup>
América del Norte central CNA, 4		Tendencias variables en función del espacio: ligero aumento de días cálidos en el norte, disminución en el sur <sup>a</sup>		Muy probable aumento desde 1950 <sup>a</sup>		Aumento en el valor de retorno de 20 años de la precipitación diaria máxima anual <sup>b</sup> Señal inconsistente en otros parámetros para los días de precipitación intensa <sup>b</sup>
América del Norte oriental ENA, 5		Tendencias variables en función del espacio. Aumento general de días cálidos (disminución de días fríos), señal contraria o no significativa en unas cuantas zonas <sup>a</sup>		Muy probable aumento desde 1950 <sup>a</sup>		Aumento en el valor de retorno de 20 años de la precipitación diaria máxima anual. Otros parámetros sustentan un aumento en la precipitación intensa en la parte norte de la región <sup>b</sup> Sin señal o señal inconsistente en estos otros parámetros en la parte sur de la región <sup>b</sup>
Alaska/Canadá noroccidental ALA, 1		<i>Muy probable</i> gran aumento de días cálidos (gran disminución de días fríos) <sup>a</sup>		Ligera tendencia de aumento <sup>a</sup> Tendencia no significativa en Alaska meridional <sup>b</sup>		Tendencias inconsistentes <sup>a</sup> Aumento en la sequedad en parte de la región <sup>a</sup>
Canadá oriental, Groenlandia, Islandia CGI, 2		Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) en algunas zonas, disminución de días cálidos (aumento de días fríos) en otras <sup>a</sup>		Aumento en unas cuantas zonas <sup>a</sup>		Evidencia insuficiente <sup>a</sup> Señal inconsistente <sup>b</sup>
Europa septentrional NEU, 11		Aumento de días cálidos (disminución de días fríos), pero en general no significativo a escala local <sup>b</sup>		Aumento en invierno en algunas zonas, pero a menudo tendencias no significativas o inconsistentes a escala subregional, especialmente en verano <sup>a</sup>		Tendencias variables en función del espacio. En general solo aumento ligero o sin aumento en la sequedad, ligera disminución en la sequedad en parte de la región <sup>a</sup> Sin grandes cambios en la sequedad <sup>b</sup>

## Símbolos



Tendencia o señal creciente



Tendencia o señal decreciente



Tendencia o señal tanto creciente como decreciente



Tendencia o señal inconsistente o evidencia insuficiente



Sin cambio o solo un ligero cambio

## Nivel de confianza en las conclusiones



Bajo



Medio



Alto

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RT.6 (continuación)

Región/código de región	Tendencias en las temperaturas diurnas extremas (frecuencia de días cálidos y fríos)		Tendencias en la precipitación intensa (lluvia, nieve)		Tendencias en la sequedad y la sequía	
	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas
Europa central CEU, 12	Probable aumento general de días cálidos (disminución de días fríos) en la mayoría de las regiones. <i>Muy probable</i> aumento de días cálidos ( <i>probable</i> disminución de días fríos) en Europa central occidental <sup>a</sup> Menos confianza en las tendencias en Europa central oriental (debido a falta de literatura, falta parcial de acceso a observaciones, señales más débiles en general y punto de cambio en las tendencias) <sup>b</sup>	Muy probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Aumento en parte de la región, en particular Europa central occidental y la Rusia europea, especialmente en invierno <sup>a</sup> Tendencias no significativas o inconsistentes en otras partes, en particular en verano <sup>a</sup>	Probable aumento en el valor de retorno de 20 años de la precipitación diaria máxima anual. Otros parámetros sustentan un aumento en la precipitación intensa en gran parte de la región en invierno <sup>b</sup> Menos confianza en verano, debido a evidencia inconsistente <sup>a</sup>	Tendencias variables en función del espacio. Aumento en la sequedad en parte de la región, pero alguna variación regional en las tendencias de sequedad y dependencia de las tendencias en los estudios considerados (índice, período temporal) <sup>a</sup>	Aumento en la sequedad en Europa central y aumento en las sequías a corto plazo <sup>a</sup>
Europa meridional y Mediterráneo MED, 13	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) en la mayoría de la región. Algunas variaciones regionales y temporales en la significatividad de las tendencias. <i>Probable</i> tendencias más fuertes y más significativas en la península ibérica y el sur de Francia <sup>b</sup> Tendencias menores o menos significativas en Europa suroriental y en Italia debido al punto de cambio en las tendencias, el mayor aumento de los días cálidos desde 1976 <sup>a</sup>	Muy probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Tendencias inconsistentes en toda la región y todos los estudios <sup>a</sup>	Cambios y/o variaciones regionales inconsistentes <sup>b</sup>	Aumento general en la sequedad, <i>probable</i> aumento en el Mediterráneo <sup>a, c</sup>	Aumento en la sequedad. Aumento consistente en la zona de sequía <sup>b, d</sup>
África occidental WAF, 15	Aumento significativo en la temperatura del día más cálido y del día más frío en algunas partes <sup>a</sup> Evidencia insuficiente en otras partes <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Mayor intensidad de la precipitación <sup>a</sup>	Ligero cambio o sin cambio en los indicadores de precipitación intensa en la mayoría de las zonas <sup>b</sup> Bajo nivel de acuerdo de los modelos en las zonas del norte <sup>b</sup>	Probable aumento pero la sequía de la década de 1970 en el Sahel domina la tendencia; mayor variación interanual en los últimos años <sup>a, c</sup>	Señal inconsistente <sup>b</sup>
África oriental EAF, 16	Falta de evidencia debido a falta de literatura y tendencias no uniformes en función del espacio <sup>a</sup> Aumento de días cálidos en el extremo sur (disminución de días fríos) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Evidencia insuficiente <sup>a</sup>	Probable aumento de la precipitación intensa <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio en la sequedad <sup>a</sup>	Disminución de la sequedad en grandes zonas <sup>b</sup>
África austral SAF, 17	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>a, c</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Aumento en más regiones que en las que disminuye pero tendencias variables en función del espacio <sup>a, c</sup>	Falta de acuerdo en la señal para la región en su conjunto <sup>b</sup> Alguna evidencia de aumento en la precipitación intensa en las regiones del sureste <sup>a</sup>	Aumento general de la sequedad <sup>a</sup>	Aumento de la sequedad, excepto en la parte oriental <sup>b, d</sup> Aumento consistente en la zona de sequía <sup>b</sup>
Sahara SAH, 14	Falta de literatura <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Evidencia insuficiente <sup>a</sup>	Nivel de acuerdo bajo <sup>b</sup>	Datos limitados, variación espacial de las tendencias <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>a</sup>
América Central y México CAM, 6	Aumento en el número de días cálidos, disminución en el número de días fríos <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio. Aumento en muchas zonas, disminución en otras cuantas zonas <sup>a</sup>	Tendencias inconsistentes <sup>b</sup>	Tendencias variables e inconsistentes <sup>a</sup>	Aumento en la sequedad en América Central y México, con menos confianza en el extremo sur de la región <sup>b</sup>

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RT.6 (continuación)

Región/código de región	Tendencias en las temperaturas diurnas extremas (frecuencia de días cálidos y fríos)		Tendencias en la precipitación intensa (lluvia, nieve)		Tendencias en la sequedad y la sequía	
	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas
<b>Amazonas AMZ, 7</b>						
	Insuficiente evidencia para descubrir tendencias <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Aumento en muchas zonas, disminución en unas cuantas <sup>a</sup>	Tendencia de aumento en los episodios de precipitación intensa en algunos parámetros <sup>b</sup>	Disminución en la sequedad para gran parte de la región. Algunas tendencias opuestas e inconsistencias <sup>a</sup>	Señales inconsistentes <sup>b</sup>
<b>Brasil nororiental NEB, 8</b>						
	Aumento en el número de días cálidos <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Aumento en muchas zonas, disminución en unas cuantas <sup>a</sup>	Ligero cambio o sin cambio <sup>b</sup>	Tendencias variables e inconsistentes <sup>a</sup>	Aumento en la sequedad <sup>b</sup>
<b>América del Sur suroriental SSA, 10</b>						
	Tendencias variables en función del espacio (aumento de días cálidos en algunas zonas, disminución en otras) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Aumento en las zonas del norte <sup>a</sup>	Aumento en las zonas del norte <sup>b</sup>	Tendencias variables e inconsistentes <sup>a</sup>	Señales inconsistentes <sup>b</sup>
<b>América del Sur de la costa occidental WSA, 9</b>						
	Tendencias variables en función del espacio (aumento de días cálidos en algunas zonas, disminución en otras) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Disminución en muchas zonas, aumento en unas cuantas zonas <sup>a</sup>	Aumento en los trópicos <sup>b</sup>	Tendencias variables e inconsistentes <sup>a</sup>	Disminución de días secos consecutivos en los trópicos, y aumento en los extratropicos <sup>b</sup>
<b>Asia septentrional NAS, 18</b>						
	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Aumento en algunas regiones, pero variación espacial <sup>a</sup>	Probable aumento en la precipitación intensa en la mayoría de las regiones <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>b</sup>
<b>Asia central CAS, 20</b>						
	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio <sup>a</sup>	Señal inconsistente en los modelos <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>b</sup>
<b>Asia oriental EAS, 22</b>						
	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio <sup>a</sup>	Aumento en la precipitación intensa en toda la región <sup>b</sup>	Tendencia a mayor sequedad <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>b</sup>
<b>Asia suroriental SEA, 24</b>						
	Aumento de días cálidos (disminución de días fríos) para las zonas del norte <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio, falta parcial de evidencia <sup>a</sup>	Aumento en la mayoría de los parámetros en la mayoría de las regiones (especialmente las no continentales). Un parámetro muestra señales inconsistentes de cambio <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>b</sup>
<b>Asia meridional SAS, 23</b>						
	Aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Señal combinada en India <sup>a</sup>	Días de fuerte precipitación más frecuentes y con mayor intensidad en partes de Asia meridional. Ningún cambio o algún aumento consistente en otros parámetros <sup>b</sup>	Señal inconsistente para diferentes estudios e índices <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>b</sup>
<b>Asia occidental WAS, 19</b>						
	Muy probable aumento de días cálidos (más probable que improbable disminución de días fríos) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Disminución en los episodios de precipitación intensa <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>b</sup>	Falta de estudios, resultados mezclados <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>b</sup>
<b>Meseta tibetana TIB, 21</b>						
	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>a</sup>	Probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Evidencia insuficiente <sup>a</sup>	Aumento en la precipitación intensa <sup>b</sup>	Evidencia insuficiente. Tendencia a menor sequedad <sup>a</sup>	Señal inconsistente de cambio <sup>b</sup>
<b>Australia septentrional NAU, 25</b>						
	Muy probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos). Tendencias más débiles en el noroeste <sup>a</sup>	Muy probable aumento de días cálidos (disminución de días fríos) <sup>b</sup>	Tendencias variables en función del espacio, que en su mayoría reflejan cambios en la precipitación media <sup>a</sup>	Aumento en la mayoría de las regiones en la intensidad de los episodios de fuerte precipitación extrema (esto es, actual período de retorno de 20 años) <sup>b</sup>	Sin cambio significativo en la ocurrencia de sequías en Australia (definido utilizando anomalías de precipitación) <sup>a</sup>	Señal inconsistente <sup>b</sup>

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RT.6 (continuación)

Región/código de región	Tendencias en las temperaturas diurnas extremas (frecuencia de días cálidos y fríos)		Tendencias en la precipitación intensa (lluvia, nieve)		Tendencias en la sequedad y la sequía	
	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas	Observadas	Proyectadas
Australia meridional/ Nueva Zelanda SAU, 26			 Tendencias variables en función del espacio en Australia meridional, que en su mayoría reflejan cambios en la precipitación media <sup>a</sup>  Tendencias variables en función del espacio en Nueva Zelanda, que en su mayoría reflejan cambios en la precipitación media <sup>a</sup>	 Aumento en la mayoría de las regiones en la intensidad de los episodios de fuerte precipitación extrema (esto es, actual período de retorno de 20 años) <sup>b</sup>	 Sin cambio significativo en la ocurrencia de sequías en Australia (definido utilizando anomalías de precipitación) <sup>c</sup>  Sin tendencia en la ocurrencia de sequías en Nueva Zelanda (definido utilizando un modelo de balance hídrico del suelo) desde 1972 <sup>d</sup>	 Aumento en la frecuencia de la sequía en Australia meridional, y en muchas regiones de Nueva Zelanda <sup>e</sup>

RT

**sociales (*nivel de confianza alto*).** El deshielo del permafrost y los cambiantes patrones de precipitación pueden afectar a la infraestructura y los servicios conexos, con riesgos especiales para los edificios residenciales, por ejemplo en las ciudades y los pequeños asentamientos rurales del Ártico. El cambio climático afectará especialmente a las comunidades del Ártico que tienen economías de base estrecha, lo que limita las opciones de adaptación. La mayor navegabilidad del Ártico y la ampliación de las redes de transporte por tierra y agua dulce supondrán mayores oportunidades económicas. El cambio en las condiciones del hielo marino tendrá un impacto en la economía informal de subsistencia por la mayor dificultad que entrañará la caza de mamíferos marinos. Los osos polares han estado y seguirán estando afectados por la pérdida de hielo anual sobre las plataformas continentales, la menor duración del hielo y el menor espesor del hielo. Las aceleradas tasas de cambio en el deshielo del permafrost, la pérdida de hielo marino costero, la elevación del nivel del mar y la mayor intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos ya están obligando a reubicarse a algunas comunidades indígenas de Alaska (*nivel de confianza alto*). En el Ártico y el Antártico, algunas especies marinas modificarán sus áreas de distribución en respuesta a las condiciones cambiantes del océano y el hielo marino (*nivel de confianza medio*). El cambio climático hará que aumente la vulnerabilidad de los ecosistemas terrestres a las invasiones por especies no autóctonas (*nivel de confianza alto*). [6.3, 6.5, 28.2 a 28.4]

**Islas pequeñas.** Las islas pequeñas tienen una gran vulnerabilidad a los factores de estrés climáticos y no climáticos (*nivel de confianza alto*). Los diversos atributos físicos y humanos y su sensibilidad a los motores relacionados con el clima hacen que sean variables los distintos perfiles de riesgo por el cambio climático y la adaptación entre una región isleña y otra y entre ciudades de la misma región. Los riesgos pueden deberse a interacciones transfronterizas, por ejemplo asociadas con especies invasoras actuales y futuras y problemas de salud humana. La elevación del nivel del mar supone una de las amenazas del cambio climático, más ampliamente conocidas, para las zonas costeras bajas de las islas y los atolones. La elevación proyectada del nivel del mar al final del siglo XXI, superpuesta a episodios de nivel extremo del mar, plantea riesgos graves de inundación y erosión costera para las zonas costeras bajas y los atolones. El exceso de lavado de las olas provocará la degradación de los recursos de aguas subterráneas. La degradación de los ecosistemas de arrecifes de coral asociada con el aumento de la temperatura superficial del mar y la acidificación del océano tendrán un impacto negativo en las comunidades y los medios de subsistencia de las islas, habida cuenta de la dependencia que las comunidades isleñas tie-

nen de los ecosistemas de los arrecifes de coral para obtener protección costera y pesca de subsistencia y atraer el turismo. [29.3 a 29.5, 29.9, 30.5, figura 29-1, cuadro 29-3, recuadro CC-AC]

**El océano. El calentamiento hará que aumenten los riesgos para los ecosistemas oceánicos (*nivel de confianza alto*).** Los arrecifes de coral dentro de sistemas con límites costeros, mares semicerrados y giros subtropicales están en rápido declive como resultado de factores de estrés locales no climáticos (esto es, contaminación costera y sobreexplotación) y del cambio climático. Los aumentos proyectados en la decoloración y la mortalidad masivas de los corales provocarán la alteración o eliminación de ecosistemas, con lo que aumentarán los riesgos para los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria en las zonas costeras (*nivel de confianza medio a alto*). La proyección de un análisis del conjunto de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) indica que es *muy probable* que para 2050 se produzca una pérdida de arrecifes de coral en la mayoría de los sitios a nivel global con las tasas de calentamiento del océano entre medias y altas. La disminución de los factores de estrés no climáticos representa una oportunidad para fortalecer la resiliencia ecológica. Los sistemas de mucha concentración de organismos en primavera en el noreste del Atlántico, altamente productivos, están respondiendo al calentamiento (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*), con los mayores cambios observados desde la década de 1970 en la fenología, distribución y abundancia de agrupaciones de plancton y la reorganización de las agrupaciones de peces, con una serie de consecuencias para la pesca (*nivel de confianza alto*). El calentamiento proyectado hace que aumente la probabilidad de mayor estratificación térmica en algunas regiones, lo que puede conducir a una menor ventilación del O<sub>2</sub> y promover la formación de zonas hipóxicas, especialmente en el mar Báltico y el mar Negro (*nivel de confianza medio*). Los cambiantes vientos en superficie y olas, nivel del mar e intensidad de las tormentas harán que aumente la vulnerabilidad de las industrias oceánicas como el transporte marítimo, la energía y la extracción de minerales. Con el calentamiento del agua podrán surgir nuevas oportunidades y problemas internacionales por el acceso a los recursos y la vulnerabilidad, especialmente en altas latitudes. [5.3, 5.4, 6.4, 28.2, 28.3, 30.3, 30.5, 30.6, cuadro 30-1, figuras 30-4 y 30-10, recuadros 6-1, CC-AC y CC-BM]

**La comprensión de los episodios extremos y sus interacciones con el cambio climático es particularmente importante para la gestión de los riesgos en un contexto regional.** En el cuadro RT.6 se ofrece una sinopsis de las tendencias observadas y proyectadas en algunos tipos de valores extremos de la temperatura y la precipitación.

## C: GESTIÓN DE FUTUROS RIESGOS Y CREACIÓN DE RESILIENCIA

La gestión de los riesgos del cambio climático implica adoptar decisiones de adaptación y mitigación que tendrán consecuencias en las generaciones, las economías y el medio ambiente del futuro. En la figura RT.12 se da una visión general de las respuestas para afrontar el riesgo conexo al cambio climático.

Esta sección comienza explicando los principios de adaptación eficaz y evalúa los modos en que los sistemas humanos y naturales interconectados pueden crear resiliencia mediante la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible. Describe los conocimientos sobre las trayectorias resilientes al clima, los cambios graduales frente a los transformacionales y los límites a la adaptación, y estudia los cobeneficios, las sinergias y las soluciones de compromiso entre la mitigación, la adaptación y el desarrollo.

### C-1. Principios de adaptación eficaz

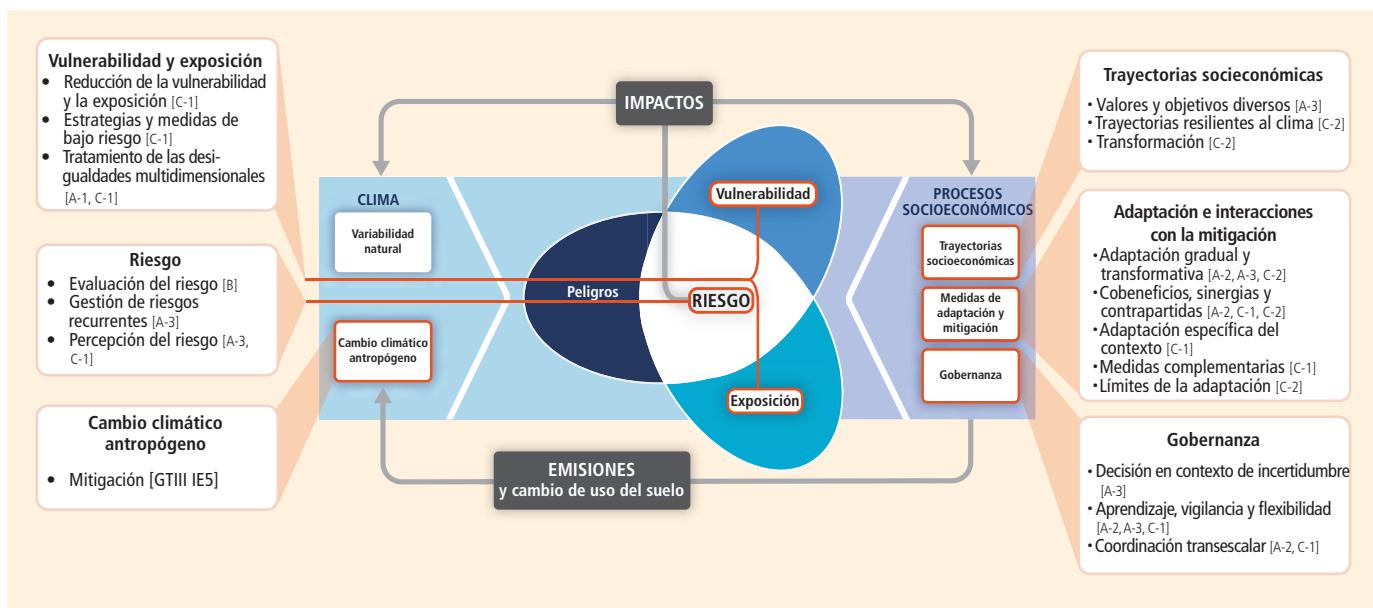
En el informe se evalúa una gran variedad de enfoques para reducir y gestionar los riesgos y crear resiliencia. Entre las estrategias y los enfoques de adaptación al cambio climático figuran las medidas para reducir la vulnerabilidad o la exposición y/o aumentar la resiliencia o la capacidad adaptativa. La mitigación se evalúa en la contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación. En el cuadro RT.7 se presentan ejemplos específicos de respuestas al cambio climático.

**La adaptación es específica del lugar y el contexto, y no existe ningún método único para reducir los riesgos que resulte adecuado para todas las situaciones (nivel de confianza alto).** Las estrategias eficaces de reducción del riesgo y adaptación consideran la

dinámica de la vulnerabilidad y la exposición y sus relaciones con los procesos socioeconómicos, el desarrollo sostenible y el cambio climático. [2.1, 8.3, 8.4, 13.1, 13.3, 13.4, 15.2, 15.3, 15.5, 16.2, 16.3, 16.5, 17.2, 17.4, 19.6, 21.3, 22.4, 26.8, 26.9, 29.6, 29.8]

**La planificación y realización de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, desde el personal al gubernamental (nivel de confianza alto).** Los gobiernos nacionales pueden coordinar los esfuerzos de adaptación de los gobiernos locales y subnacionales, por ejemplo protegiendo los grupos vulnerables, apoyando la diversificación económica y proporcionando información, políticas y marcos jurídicos, y coordinar el apoyo financiero (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Cada vez es mayor el reconocimiento de que gozan los gobiernos locales y el sector privado como actores fundamentales para progresar en la adaptación, habida cuenta de los papeles que desempeñan en la adaptación a mayor escala de las comunidades, los hogares y la sociedad civil, y para gestionar la información y la financiación conexas al riesgo (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). [2.1 a 2.4, 3.6, 5.5, 8.3, 8.4, 9.3, 9.4, 14.2, 15.2, 15.3, 15.5, 16.2 a 16.5, 17.2, 17.3, 22.4, 24.4, 25.4, 26.8, 26.9, 30.7, cuadros 21-1, 21-5 y 21-6, recuadro 16-2]

**Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro consiste en reducir la vulnerabilidad y exposición a la variabilidad climática actual (nivel de confianza alto).** Las estrategias comprenden medidas junto a cobeneficios para otros objetivos. Las estrategias y medidas existentes pueden hacer que aumente la resiliencia en una gama de posibles climas futuros y contribuir al mismo tiempo a que mejoren la salud humana, los medios de subsistencia, el bienestar social y económico y la calidad del medio ambiente. Entre los ejemplos de estrategias de adaptación que también fortalecen los medios de subsistencia, fomentan el desarrollo y reducen la pobreza se incluyen la protección social mejorada, la gobernanza mejorada del



**Figura RT.12 |** El espacio de soluciones. Conceptos básicos de GTII IE5, donde se ilustran los puntos de entrada y los enfoques, junto con sus intersecciones, así como las principales consideraciones de la gestión de riesgos conexos al cambio climático, que se evalúan en el informe y se presentan en este resumen. Las referencias entre corchetes indican secciones de este resumen con las correspondientes conclusiones de la evaluación.

**Cuadro RT.7 |** Enfoques para la gestión de los riesgos del cambio climático. Estos enfoques deberían considerarse de forma solapada y no como enfoques discretos, y a menudo son enfoques que se persiguen simultáneamente. La mitigación se considera esencial para la gestión de los riesgos del cambio climático, pero no se aborda en este cuadro puesto que la mitigación es el tema de GTIII IE5. Los ejemplos se presentan sin ningún orden específico y pueden ser pertinentes para más de una categoría. [14.2, 14.3, cuadro 14-1]

Enfoques solapados	Categoría	Ejemplos	Referencia(s) del capítulo
<b>Reducción de la vulnerabilidad y la exposición mediante desarrollo, planificación y prácticas, incluidas muchas medidas de bajo riesgo</b>	Desarrollo humano	Mejor acceso a la educación, nutrición, servicios sanitarios, energía, vivienda segura y estructuras de asentamiento, y estructuras de apoyo social; Menor desigualdad de género y marginación en otras formas.	8.3, 9.3, 13.1 a 13.3, 14.2, 14.3, 22.4
	Alivio de la pobreza	Mejor acceso a los recursos locales y control de estos; Tenencia de la tierra; Reducción de riesgos de desastre; Redes de seguridad social y protección social; Regímenes de seguros.	8.3, 8.4, 9.3, 13.1 a 13.3
	Seguridad de los medios de subsistencia	Diversificación de los ingresos, activos y medios de subsistencia; Mejor infraestructura; Acceso a la tecnología y foros de toma de decisiones; Mayor capacidad de toma de decisiones; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.	7.5, 9.4, 13.1 a 13.3, 22.3, 22.4, 23.4, 26.5, 27.3, 29.6, cuadro SM24-7
	Gestión de riesgos de desastre	Sistemas de alerta temprana; Cartografía de peligros y vulnerabilidades; Diversificación de los recursos hídricos; Drenaje mejorado; Refugios contra inundaciones y ciclones; Códigos y prácticas de edificación; Gestión de tormentas y aguas residuales; Mejoras del transporte y la infraestructura vial.	8.2 a 8.4, 11.7, 14.3, 15.4, 22.4, 24.4, 26.6, 28.4, cuadro 3-3, recuadro 25-1
	Gestión de ecosistemas	Mantenimiento de humedales y espacios verdes urbanos; Forestación costera; Gestión de cuencas fluviales y embalses; Reducción de la intensidad de otros factores de estrés sobre los ecosistemas y de la fragmentación de los hábitats; Mantenimiento de la diversidad genética; Manipulación de los regímenes de perturbación; Gestión comunitaria de los recursos naturales.	4.3, 4.4, 8.3, 22.4, cuadro 3-3, recuadros 4-3, 8-2, 15-1, 25-8, 25-9 y CC-EA
	Planificación espacial o de uso del suelo	Suministro de vivienda, infraestructuras y servicios adecuados; Gestión del desarrollo en las zonas inundables y otras zonas de alto riesgo; Planificación urbanística y programas de mejoras; Legislación sobre división territorial; Servidumbres; Áreas protegidas.	4.4, 8.1 a 8.4, 22.4, 23.7, 23.8, 27.3, recuadro 25-8
	Estructural/física	<b>Opciones de ambientes ingenierizados y construidos:</b> Malecones y estructuras de protección costera; Diques para el control de crecidas; Almacenamiento de agua; Drenaje mejorado; Refugios contra inundaciones y ciclones; Elaboración de códigos y prácticas; Gestión de tormentas y aguas residuales; Mejoras del transporte y la infraestructura vial; Casas flotantes; Ajustes en centrales y redes eléctricas.	3.5, 3.6, 5.5, 8.2, 8.3, 10.2, 11.7, 23.3, 24.4, 25.7, 26.3, 26.8, recuadros 15-1, 25-1, 25-2 y 25-8
		<b>Opciones tecnológicas:</b> Nuevas variedades de cultivos y animales; Conocimientos, tecnologías y métodos indígenas, tradicionales y locales; Riego eficiente; Tecnologías de ahorro de agua; Desalinización; Agricultura de conservación; Instalaciones de almacenamiento y conservación de alimentos; Elaboración de esquemas y vigilancia de los peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana; Aislamiento de edificios; Refrigeración mecánica y pasiva; Desarrollo, transferencia y difusión de tecnología.	7.5, 8.3, 9.4, 10.3, 15.4, 22.4, 24.4, 26.3, 26.5, 27.3, 28.2, 28.4, 29.6, 29.7, cuadros 3-3 y 15-1, recuadros 20-5 y 25-2
		<b>Opciones ecosistémicas:</b> Restauración ecológica; Conservación del suelo; Forestación y reforestación; Conservación y replantación de manglares; Infraestructura verde (por ejemplo, árboles de sombra, azoteas con jardines o huertos); Control de la sobreexplotación pesquera; Ordenación conjunta de la pesca; Migración y dispersión asistida de especies; Corredores ecológicos; Bancos de semillas, bancos de genes y otras medidas de conservación <i>ex situ</i> ; Gestión comunitaria de los recursos naturales.	4.4, 5.5, 6.4, 8.3, 9.4, 11.7, 15.4, 22.4, 23.6, 23.7, 24.4, 25.6, 27.3, 28.2, 29.7, 30.6, recuadros 15-1, 22-2, 25-9, 26-2 y CC-EA
	Institucional	<b>Servicios:</b> Redes de seguridad social y protección social; Bancos de alimentos y distribución del excedente de alimentos; Servicios municipales con inclusión de agua y saneamiento; Programas de vacunación; Servicios esenciales de salud pública; Servicios médicos de emergencia mejorados.	3.5, 3.6, 8.3, 9.3, 11.7, 11.9, 22.4, 29.6, recuadro 13-2
		<b>Opciones económicas:</b> Incentivos financieros; Seguros; Bonos de catástrofe; Pago por los servicios ecosistémicos; Tarificación del agua como medida en favor del suministro universal y el uso correcto; Microfinanciación; Fondos para imprevistos en casos de desastre; Transferencias de efectivo; Asociaciones públicas privadas.	8.3, 8.4, 9.4, 10.7, 11.7, 13.3, 15.4, 17.5, 22.4, 26.7, 27.6, 29.6, recuadro 25-7
		<b>Leyes y reglamentos:</b> Legislación sobre división territorial; Normas y prácticas de edificación; Servidumbres; Regulaciones y acuerdos en materia de agua; Legislación en apoyo de la reducción de riesgos de desastre; Legislación en favor de la contratación de seguros; Derechos de propiedad definidos y seguridad respecto de la tenencia de la tierra; Áreas protegidas; Cuotas pesqueras; Consorcios de patentes y transferencia de tecnología.	4.4, 8.3, 9.3, 10.5, 10.7, 15.2, 15.4, 17.5, 22.4, 23.4, 23.7, 24.4, 25.4, 26.3, 27.3, 30.6, cuadro 25-2, recuadro CC-AC
	Social	<b>Políticas y programas nacionales y gubernamentales:</b> Planes de adaptación nacionales y regionales e incorporación general de la adaptación; Planes de adaptación subnacionales y locales; Diversificación económica; Programas de mejora urbana; Programas municipales de ordenación de los recursos hídricos; Planificación y preparación para casos de desastre; Ordenación integrada de los recursos hídricos; Ordenación integrada de las zonas costeras; Gestión basada en el ecosistema; Adaptación de la comunidad.	2.4, 3.6, 4.4, 5.5, 6.4, 7.5, 8.3, 11.7, 15.2 a 15.5, 22.4, 23.4, 23.7, 25.4, 25.8, 26.8, 26.9, 27.3, 27.4, 29.6, cuadros 9-2 y 17-1, recuadros 25-1, 25-2 y 25-9
		<b>Opciones educativas:</b> Sensibilización e integración en la educación; Equidad de género en la educación; Servicios de extensión; Intercambio de conocimientos indígenas, tradicionales y locales; Investigación en acción participativa y aprendizaje social; Plataformas de intercambio de conocimientos y aprendizaje.	8.3, 8.4, 9.4, 11.7, 12.3, 15.2 a 15.4, 22.4, 25.4, 28.4, 29.6, cuadros 15-1 y 25-2
		<b>Opciones de información:</b> Elaboración de esquemas de peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana y respuesta; Vigilancia y teledetección sistemáticas; Servicios climáticos; Soporte de observaciones climáticas indígenas; Composición de un escenario participativo; Evaluaciones integradas.	2.4, 5.5, 8.3, 8.4, 9.4, 11.7, 15.2 a 15.4, 22.4, 23.5, 24.4, 25.8, 26.6, 26.8, 27.3, 28.2, 28.5, 30.6, cuadro 25-2, recuadro 26-3
	Esferas de cambio	<b>Opciones de comportamiento:</b> Preparación de viviendas y planificación de la evaluación; Migración; Conservación del suelo y el agua; Desatasco de drenajes pluviales; Diversificación de medios de subsistencia; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.	5.5, 7.5, 9.4, 12.4, 22.3, 22.4, 23.4, 23.7, 25.7, 26.5, 27.3, 29.6, cuadro SM24-7, recuadro 25-5
		<b>Práctica:</b> Innovaciones sociales y técnicas, cambios de comportamiento o cambios institucionales y de gestión que produzcan modificaciones sustanciales en los resultados.	8.3, 17.3, 20.5, recuadro 25-5
		<b>Política:</b> Decisiones y medidas de carácter político, social, cultural y ecológico en sintonía con la disminución de la vulnerabilidad y el riesgo y el apoyo de la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible.	14.2, 14.3, 20.5, 25.4, 30.7, cuadro 14-1
		<b>Personal:</b> Presunciones, creencias, valores y visiones del mundo individuales y colectivos que influyen en las respuestas al cambio climático.	14.2, 14.3, 20.5, 25.4, cuadro 14-1

agua y la tierra, mejores almacenamiento de agua y servicios relativos al agua, mayor participación en la planificación y mayor atención a las zonas urbanas y perirurbanas muy afectadas por la migración de personas pobres. Véase el cuadro RT.7. [3.6, 8.3, 9.4, 14.3, 15.2, 15.3, 17.2, 20.4, 20.6, 22.4, 24.4, 24.5, 25.4, 25.10, 27.3 a 27.5, 29.6, recuadros 25-2 y 25-6]

**La planificación y puesta en práctica de la adaptación a todos los niveles de gobernanza depende de los valores sociales, los objetivos y las percepciones del riesgo (*nivel de confianza alto*). El reconocimiento de diversos intereses, circunstancias, contextos socioculturales y expectativas puede favorecer los procesos de adopción de decisiones.** El conocimiento de que el cambio climático puede superar la capacidad adaptativa de algunas personas y ecosistemas puede tener consecuencias éticas para las decisiones y las inversiones en relación con la mitigación. El análisis económico de la adaptación está pasando de poner un énfasis exclusivo en la eficiencia, las soluciones de mercado y los análisis costo-beneficio para considerar también las medidas no monetarias y no relacionadas con el mercado, los riesgos, las desigualdades, los sesgos de comportamiento, las barreras y límites, y los costos y beneficios secundarios. [2.2 a 2.4, 9.4, 12.3, 13.2, 15.2, 16.2 a 16.4, 16.6, 16.7, 17.2, 17.3, 21.3, 22.4, 24.4, 24.6, 25.4, 25.8, 26.9, 28.2, 28.4, cuadro 15-1, recuadros 16-1, 16-4 y 25-7]

**Los sistemas y prácticas relacionados con los conocimientos indígenas, locales y tradicionales, en particular la visión holística que tienen los pueblos indígenas de la comunidad y el medio ambiente, son un recurso fundamental para la adaptación al cambio climático (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*).** Las comunidades dependientes de los recursos naturales, incluidos los pueblos indígenas, tienen una larga historia de adaptación a condiciones sociales y ecológicas muy variables y cambiantes. Pero la excelencia de los conocimientos indígenas locales y tradicionales será puesta a prueba por los impactos del cambio climático. Esas formas de conocimientos no se han utilizado coherentemente en los esfuerzos de adaptación actuales. Su integración en las prácticas existentes hace que aumente la eficacia de la adaptación. [9.4, 12.3, 15.2, 22.4, 24.4, 24.6, 25.8, 28.2, 28.4, cuadro 15-1]

**El apoyo de las decisiones es más eficaz cuando es sensible al contexto y la diversidad de los tipos de decisiones, los procesos de su adopción y sus defensores (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*).** Las organizaciones que hacen de puente entre la ciencia y la toma de decisiones, en particular los servicios climáticos, desempeñan un importante papel en la comunicación, transferencia y evolución de los conocimientos climáticos, incluyendo la traducción, la colaboración y el intercambio de conocimientos (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). [2.1 a 2.4, 8.4, 14.4, 16.2, 16.3, 16.5, 21.2, 21.3, 21.5, 22.4, recuadro 9-4]

**La incorporación de la adaptación en la planificación y la toma de decisiones puede promover sinergias con el desarrollo y la reducción de riesgos de desastre (*nivel de confianza alto*).** Tal incorporación implica una mentalidad sensible al clima en las instituciones y organizaciones existentes y nuevas. La adaptación puede

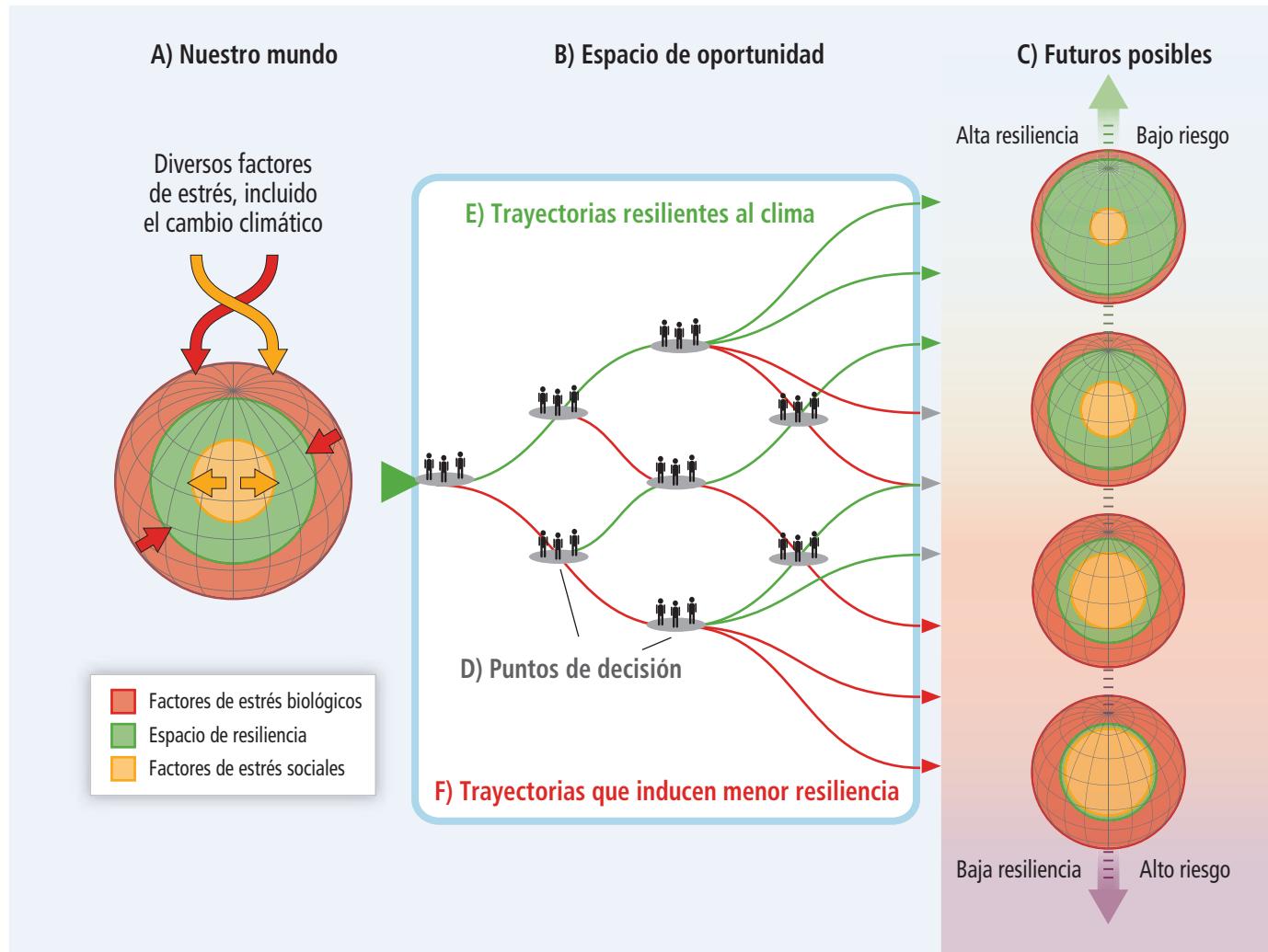
generar mayores beneficios cuando está vinculada a las actividades de desarrollo y la reducción de riesgos de desastre (*nivel de confianza medio*). [8.3, 9.3, 14.2, 14.6, 15.3, 15.4, 17.2, 20.2, 20.3, 22.4, 24.5, 29.6, recuadro CC-UR]

**Los instrumentos económicos existentes y los que se van creando pueden fomentar la adaptación al ofrecer incentivos a la anticipación y amortiguación de los impactos (*nivel de confianza medio*).** Entre dichos instrumentos cabe destacar las asociaciones de financiación publicoprivadas, préstamos, pagos por los servicios ambientales, mejor establecimiento de tarifas por los recursos, tasas y subsidios, normas y reglamentaciones, y mecanismos de reparto y transferencia del riesgo. Los mecanismos de financiación del riesgo en los sectores público y privado, como los consorcios de seguros y riesgos, pueden contribuir a que aumente la resiliencia, pero sin prestar atención a los principales problemas de concepción, también pueden constituir desincentivos, provocar el fallo del mercado y hacer que disminuya la equidad. Los gobiernos a menudo desempeñan papeles fundamentales en su calidad de reguladores, proveedores o aseguradores de último recurso. [10.7, 10.9, 13.3, 17.4, 17.5, recuadro 25-7]

**Las limitaciones pueden interactuar para obstaculizar la planificación y realización de la adaptación (*nivel de confianza alto*).** Las limitaciones comunes a la realización se derivan de los siguientes factores: escasos recursos financieros y humanos; limitada integración o coordinación de la gobernanza; incertidumbres acerca de los impactos proyectados; diferentes percepciones de los riesgos; valores en competencia; ausencia de líderes y defensores clave de la adaptación; y herramientas limitadas de control de la eficacia de la adaptación. Otra limitación es la insuficiente investigación, vigilancia y observación y la insuficiente financiación para su mantenimiento. La subestimación de la complejidad de la adaptación como proceso social puede crear expectativas irrealistas sobre el logro de los resultados de adaptación buscados. [3.6, 4.4, 5.5, 8.4, 9.4, 13.2, 13.3, 14.2, 14.5, 15.2, 15.3, 15.5, 16.2, 16.3, 16.5, 17.2, 17.3, 22.4, 23.7, 24.5, 25.10, 26.8, 26.9, 30.6, cuadro 16-3, recuadros 16-1 y 16-3]

**Una pobre planificación, un excesivo hincapié en la obtención de resultados a corto plazo o una insuficiente anticipación de las consecuencias podrían dar lugar a una adaptación incorrecta (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*).** La adaptación incorrecta puede hacer que aumente la vulnerabilidad o la exposición del grupo destinatario de la adaptación en el futuro, o bien la vulnerabilidad de otras personas, lugares o sectores. Con un enfoque muy concentrado en los costos y beneficios cuantificables se pueden tomar decisiones sesgadas contra los pobres, los ecosistemas y aquellos a quienes sus futuros valores puedan excluirse o se subestiman. Algunas respuestas a corto plazo ante los crecientes riesgos conexos al cambio climático también podrían limitar las opciones futuras. Por ejemplo, una mayor protección de los activos expuestos puede estar bloqueada por su dependencia de otras medidas de protección. [5.5, 8.4, 14.6, 15.5, 16.3, 17.2, 17.3, 20.2, 22.4, 24.4, 25.10, 26.8, cuadro 14-4, recuadro 25-1]

**Una evidencia limitada indica que existe una brecha entre las necesidades globales de adaptación y los fondos disponibles para la adaptación (*nivel de confianza medio*).** Existe la necesi-



**Figura RT.13 |** Espacio de oportunidad y trayectorias resilientes al clima. A) Nuestro mundo [secciones A-1 y B-1] está amenazado por diversos factores de estrés que afectan a la resiliencia desde muchas direcciones, y que en esta figura se representan de forma sencilla como factores de estrés biofísicos y sociales. Entre los factores de estrés se incluyen el cambio climático, la variabilidad climática, el cambio de uso del suelo, la degradación de los ecosistemas, la pobreza y desigualdad y factores culturales. B) El espacio de oportunidad [secciones A-2, A-3, B-2, C-1 y C-2] hace referencia a puntos de decisión y trayectorias que conducen a una gama de C) futuros posibles [secciones C y B-3] con diferentes niveles de resiliencia y riesgo. D) Desde los puntos de decisión se toman o no medidas que se aplican en todo el espacio de oportunidad, y el conjunto constituye el proceso de gestión o falta de gestión de los riesgos conexos al cambio climático. E) Las trayectorias resilientes al clima (en verde) dentro del espacio de oportunidad conducen a un mundo más resiliente a través del aprendizaje adaptativo, la acumulación de conocimientos científicos, medidas eficaces de adaptación y mitigación, y otras opciones que reducen los riesgos. F) Las trayectorias que inducen una menor resiliencia (en rojo) pueden deberse a una mitigación insuficiente, a una adaptación incorrecta, o a la falta de comprensión y utilización de los conocimientos, y a otras medidas que reducen la resiliencia; y pueden ser irreversibles en lo que respecta a los futuros posibles. [figura 1-5]

dad de contar con una mejor evaluación de los costos, financiación e inversión globales de la adaptación. Los estudios estiman que el costo global de la adaptación se caracteriza por la deficiencia de datos, métodos y cobertura (*nivel de confianza alto*). [14.2, 17.4, cuadros 17-2 y 17-3]

## C-2. Trayectorias resilientes al clima y transformación

Las trayectorias resilientes al clima son trayectorias de desarrollo sostenible que combinan adaptación y mitigación con miras a reducir el cambio climático y sus impactos. Comprenden procesos iterativos para garantizar la aplicación y el mantenimiento de la gestión eficaz del riesgo. Véase la figura RT.13. [2.5, 20.3, 20.4]

**Las perspectivas de trayectorias de desarrollo sostenibles resilientes al clima están fundamentalmente relacionadas con los logros mundiales en la mitigación del cambio climático (*nivel de confianza alto*)**. Habida cuenta de que la mitigación reduce la tasa y la magnitud del calentamiento, también incrementa el plazo de que se dispone para la adaptación a un nivel particular de cambio climático, potencialmente en varios decenios. De demorarse las medidas de mitigación podrían verse limitadas las posibilidades de trayectorias resilientes al clima en el futuro. [1.1, 19.7, 20.2, 20.3, 20.6, figura 1-5]

**A mayores tasa y magnitud del cambio climático, mayor es la probabilidad de sobrepasar los límites a la adaptación (*nivel de confianza alto*)**. Véase el recuadro RT.8. La adaptación llega a su límite cuando no son posibles o en ese momento no son accesibles medidas de adaptación destinadas a evitar riesgos intolerables para los

objetivos de un agente o las necesidades de un sistema. Puede que no coincidan los juicios de valor en cuanto a lo que constituye un riesgo intolerable. Aparecen límites a la adaptación por la interacción entre el cambio climático y las carencias biofísicas y/o socioeconómicas. Con el tiempo, pueden menguar las posibilidades de obtener beneficios de las sinergias positivas entre la adaptación y la mitigación, especialmente si se sobrepasan los límites a la adaptación. Hay partes del planeta donde la insuficiencia de respuesta ante los nuevos impactos ya está socavando la base del desarrollo sostenible. [1.1, 11.8, 13.4, 16.2 a 16.7, 17.2, 20.2, 20.3, 20.5, 20.6, 25.10, 26.5, recuadros 16-1, 16-3 y 16-4]

**Las transformaciones en las decisiones y medidas de orden económico, social, tecnológico y político pueden posibilitar las trayectorias resilientes al clima (*nivel de confianza alto*).** En el cuadro RT.7 se presentan ejemplos específicos de ello. Véase también el recuadro RT.8. Ahora se puede tratar de aplicar estrategias y medidas que logren progresos hacia las trayectorias de desarrollo

sostenible resilientes al clima, y que al mismo tiempo contribuyan a mejorar los medios de subsistencia, el bienestar social y económico y la gestión ambiental responsable. Las transformaciones en respuesta al cambio climático pueden implicar, por ejemplo, la introducción de nuevas tecnologías o prácticas, formación de nuevas estructuras o sistemas de gobernanza, o modificaciones en los tipos o ubicaciones de las actividades. La escala y magnitud de las adaptaciones transformacionales dependen de la mitigación y de los procesos de desarrollo. La adaptación transformacional es una importante consideración para las decisiones que conllevan largos períodos de vida o de preparación, y puede ser una respuesta a los límites de la adaptación. A nivel nacional, se considera que la transformación es más eficaz cuando refleja las propias visiones y enfoques de un país para lograr el desarrollo sostenible en conformidad con sus circunstancias y prioridades nacionales. Se considera que las transformaciones hacia la sostenibilidad se benefician del aprendizaje iterativo, los procesos deliberativos y la innovación. Los debates sociales sobre muchos aspectos de la

#### Recuadro RT.8 | Límites a la adaptación y transformación

La adaptación puede ampliar la capacidad de los sistemas naturales y humanos para afrontar un clima cambiante. Se puede recurrir a la toma de decisiones basada en el riesgo para evaluar cuáles son los límites potenciales para la adaptación. Existen límites a la adaptación cuando las medidas de adaptación que se deben adoptar para evitar riesgos intolerables para los objetivos de un agente o para las necesidades de un sistema no son posibles o están fuera de alcance en ese momento. Los límites a la adaptación son específicos de cada contexto y están estrechamente vinculados a las normas culturales y los valores sociales. Los juicios basados en el valor sobre lo que constituye un riesgo intolerable pueden variar según los agentes, pero el conocimiento de los límites a la adaptación se puede documentar mediante las experiencias del pasado, o mediante la previsión de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación asociados con distintos escenarios de cambio climático. Cuanto mayor es la magnitud o la tasa del cambio climático, mayor es la probabilidad de que la adaptación alcance sus límites. [16.2 a 16.4, 20.5, 20.6, 22.4, 25.4, 25.10, recuadro 16-2]

Los límites a la adaptación pueden estar influidos por los valores subjetivos de los actores sociales, lo que puede afectar tanto a la necesidad percibida de adaptación como a la conveniencia percibida de ciertas políticas y medidas. Si bien los límites implican que ya no es posible seguir evitando riesgos intolerables y que aumenten las posibilidades de pérdidas y daños, la dinámica de los sistemas sociales y ecológicos hace que los límites a la adaptación sean tanto “blandos” como “rígidos”. Para los límites “blandos”, existen posibilidades en el futuro de alterar los límites y reducir los riesgos, por ejemplo gracias al surgimiento de nuevas tecnologías o modificaciones en la legislación, las instituciones o los valores. Por el contrario, los límites “rígidos” son aquellos para los que ya no hay perspectivas razonables de evitar riesgos intolerables. Los estudios recientes sobre puntos críticos, vulnerabilidades clave y fronteras planetarias aportan algunas ideas sobre el comportamiento de los sistemas complejos. [16.2 a 16.7, 25.10]

En los casos en que los límites a la adaptación se han sobrepasado, pueden aumentar las pérdidas y los daños y puede que ya nunca más puedan alcanzarse los objetivos de algunos actores. Puede haber una necesidad de efectuar una adaptación transformacional para modificar los atributos fundamentales de un sistema en respuesta a los impactos reales o previstos del cambio climático. Tal vez ello implique efectuar adaptaciones a mayor escala o intensidad que las efectuadas anteriormente, efectuar adaptaciones que sean nuevas en una región o sistema o efectuar adaptaciones que transformen lugares o conduzcan a transformaciones en los tipos de actividades o los lugares donde estas se realizan. [16.2 a 16.4, 20.3, 20.5, 22.4, 25.10, recuadros 25-1 y 25-9]

La existencia de límites a la adaptación sugiere que el cambio transformacional puede ser un requisito para el desarrollo sostenible en un clima cambiante, esto es, no solo para la adaptación a los impactos del cambio climático, sino también para la modificación de los sistemas y estructuras, las relaciones económicas y sociales y las creencias y comportamientos que contribuyen al cambio climático y la vulnerabilidad social. Sin embargo, al igual que existen consecuencias éticas vinculadas con determinadas opciones de adaptación, también existen preocupaciones legítimas acerca de la equidad y las dimensiones éticas de la transformación. Los debates sociales sobre los riesgos de transformaciones forzadas y reactivas en lugar de transiciones intencionadas hacia la sostenibilidad pueden hacer que se impongan nuevas y mayores exigencias a las estructuras de gobernanza a varios niveles a fin de conciliar los objetivos y visiones antagónicos para el futuro. [1.1, 16.2 a 16.7, 20.5, 25.10]

**Cuadro RT.8 | Ejemplos ilustrativos de interacciones intrarregionales entre la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible**

<b>Infraestructura verde y tejados verdes (ajardinados)</b>	
Objetivos	Gestión de aguas de tormenta, adaptación al aumento de las temperaturas, uso de la energía reducido, regeneración urbana
Sectores pertinentes	Infraestructura, uso de la energía, gestión del agua
Sinopsis	Entre los beneficios de la infraestructura verde y los tejados verdes cabe destacar la disminución de la escorrentía del agua de las tormentas y el efecto de isla de calor urbana, mejor rendimiento energético de los edificios, menor contaminación acústica y atmosférica, mejoras de salud, mayor valor recreativo, mayor valor de las propiedades, biodiversidad mejorada e inversión extranjera. Pueden existir soluciones de compromiso entre una mayor densidad urbana para mejorar la eficiencia energética y espacios abiertos para disponer de infraestructura verde [8.3.3, 11.7.4, 23.7.4, 24.6, cuadros 11-3 y 25-5]
Ejemplos con interacciones	<p><b>Londres:</b> El consorcio The Green Grid para la zona este de Londres pretende crear espacios abiertos interconectados con múltiples fines a fin de apoyar la regeneración de la zona. Su objetivo es conectar personas y lugares, absorber y almacenar agua, refrigerar los alrededores y brindar un mosaico diverso de hábitats para la vida silvestre. [8.3.3]</p> <p><b>Nueva York:</b> Como preparación para tormentas de mayor intensidad, Nueva York está utilizando infraestructura verde para captar el agua de la lluvia antes de que vaya a parar al sistema de alcantarillado combinado, está instalando tejados verdes y situando las calderas y otro equipo por encima del nivel del terreno. [8.3.3, 26.3.3, 26.8.4]</p> <p><b>Singapur:</b> Singapur ha utilizado varios planes y proyectos anticipativos para mejorar la infraestructura verde, incluido su plan maestro Streetscape Greenery, ha construido humedales o desagües y jardines comunitarios. En el marco de su proyecto Skyrise Greenery, Singapur ha ofrecido subsidios y manuales para las iniciativas de ajardinamiento de tejados y muros. [8.3.3]</p> <p><b>Durban:</b> La adaptación basada en los ecosistemas es parte de la estrategia de adaptación al cambio climático de Durban. El enfoque trata de obtener una comprensión más detallada de la ecología de los ecosistemas indígenas y las maneras en que la biodiversidad y los servicios ecosistémicos pueden hacer que disminuya la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas. Como ejemplos de ello cabe mencionar el Programa de reforestación comunitaria, mediante el cual las comunidades producen semillas indígenas utilizadas en la plantación y la gestión de zonas forestales restauradas. El desarrollo de la adaptación basada en los ecosistemas en Durban ha demostrado que existen necesidades de conocimientos y datos locales y que se pueden obtener beneficios fomentando las actuales zonas protegidas, las prácticas de uso del suelo y las iniciativas locales, pues con ello se logran puestos de trabajo, negocios y desarrollo de capacidades. [8.3.3, recuadro 8-2]</p>
<b>Gestión del agua</b>	
Objetivo principal	Gestión de los recursos hídricos teniendo en cuenta los diversos factores de estrés en un clima cambiante
Sectores pertinentes	Uso del agua, producción y uso de la energía, biodiversidad, secuestro de carbono, producción de biocombustibles, producción de alimentos
Sinopsis	La gestión del agua en el contexto del cambio climático puede abarcar enfoques basados en el ecosistema (p. ej. gestión o restauración de cuencas hidrográficas, servicios de regulación de inundaciones y reducción de la erosión o entarquinamiento), enfoques relacionados con la oferta (p. ej., presas, embalses, bombeo y recarga de aguas subterráneas, y captación de agua), y enfoques relacionados con la demanda (p. ej., mayor eficiencia del uso mediante el reciclaje de aguas, mejora de infraestructuras, diseño con consideración del agua o asignación más eficiente). La obtención de agua puede implicar cantidades importantes de energía para su elevación, transporte, distribución y tratamiento. [3.7.2, 26.3, cuadros 9-8 y 25-5, recuadros CC-EA y CC-AE]
Ejemplos con interacciones	<p><b>Nueva York:</b> Nueva York posee un programa bien establecido para proteger y mejorar su suministro de agua mediante la protección de las cuencas hidrográficas. El Programa de protección de las cuencas hidrográficas incluye la propiedad de la ciudad del territorio que sigue sin desarrollar y la coordinación con los propietarios de las tierras y las comunidades para equilibrar la protección de la calidad del agua, el desarrollo de la economía local y la mejora del tratamiento de las aguas residuales. La administración de la ciudad indica que esta es la elección más costo-efectiva para Nueva York, habida cuenta de los costos y los impactos ambientales de una planta de filtración. [8.3.3, recuadro 26-3]</p> <p><b>Ciudad del Cabo:</b> Como modo de afrontar los desafíos que supone garantizar los futuros abastecimientos, Ciudad del Cabo respondió encargando estudios de gestión del agua, que señalaron la necesidad de incorporar en la planificación el cambio climático y el crecimiento de la población y económico. Durante la sequía de 2005 las autoridades locales aumentaron las tarifas del agua para promover su uso eficiente. Pueden incluirse como medidas adicionales restricciones de uso del agua, la reutilización de las aguas grises, la educación del consumidor o soluciones tecnológicas como sistemas de baja descarga e inodoros de doble descarga. [8.3.3]</p> <p><b>Capitales de Australia:</b> Muchas capitales de Australia están reduciendo su dependencia de la captación de las aguas de escorrentía y subterráneas —los recursos hídricos más sensibles al cambio climático y la sequía— y están diversificando los suministros mediante plantas desalinizadoras, la reutilización del agua que incluye el reciclaje de aguas residuales y el agua de las tormentas, y una gestión integrada del ciclo del agua que considera los impactos del cambio climático. La demanda se está reduciendo mediante la conservación del agua y un diseño urbano que tiene en cuenta el problema del agua y, durante graves escaseces, mediante la aplicación de restricciones. El programa de aumento de los recursos hídricos en Melbourne comprende una planta desalinizadora. Se han señalado contrapartidas que van más allá de la intensidad energética, como son el daño a los lugares importantes para las comunidades aborígenes y mayores costos del agua que afectarán desproporcionadamente a los hogares más pobres. [14.6.2, cuadros 25-6 y 25-7, recuadro 25-2]</p>
<b>Pago por servicios ambientales y políticas fiscales verdes</b>	
Objetivo principal	Gestión que incorpore los costos de las externalidades ambientales y los beneficios de los servicios ecosistémicos
Sectores pertinentes	Biodiversidad, servicios ecosistémicos
Sinopsis	El pago por servicios ambientales es un enfoque basado en el mercado con el objetivo de proteger las áreas naturales, así como los medios de subsistencia y servicios ambientales asociados a ellas, por medio de elaborar incentivos financieros para su conservación. Los mecanismos de pago por servicios ambientales centrados en la mitigación son habituales, y cada vez es mayor la evidencia de la posibilidad de mecanismos centrados en la adaptación. Los enfoques satisfactorios de pago por servicios ambientales pueden ser de difícil diseño en relación con servicios cuyo diseño o cuantificación resultan complicados. [17.5.2, 27.6.2]
Ejemplos con interacciones	<p><b>América Central y del Sur:</b> En esta región se ha aplicado una variedad de mecanismos de pago por servicios ambientales. Por ejemplo, desde 1997 se ejecutan programas de ámbito nacional en Costa Rica y Guatemala; y desde 2008, en Ecuador. Los ejemplos hasta la fecha han mostrado que el pago por servicios ambientales puede financiar la conservación, la restauración de ecosistemas y la reforestación, mejores prácticas de uso del suelo, la mitigación y, más recientemente, la adaptación. Los pagos uniformes para los beneficiarios pueden resultar ineficaces si, por ejemplo, los receptores que promueven mayores ganancias ambientales reciben únicamente el pago prevaleciente. [17.5.2, 27.3.2, 27.6.2, cuadro 27-8]</p> <p><b>Brasil:</b> La financiación municipal en Brasil vinculada a la calidad de la gestión de los ecosistemas es una forma de transferencia de ingresos importante para financiar medidas de adaptación local. Los gobiernos estatales recaudan un impuesto sobre el valor añadido que se redistribuye entre los municipios, y algunos estados asignan ingresos, en parte basados en el área municipal, que se consignan aparte para protección. Este mecanismo ha contribuido a mejorar la gestión ambiental y a aumentar la creación de áreas protegidas. Hace que mejoren las relaciones entre las áreas protegidas y los habitantes de los alrededores, puesto que las áreas se pueden percibir como oportunidades de generación de ingresos en lugar de obstáculos al desarrollo. Este método se basa en los procedimientos institucionales y administrativos en vigor y por tanto conlleva escasos costos de transacción. [8.4.3, recuadro 8-4]</p>

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RT.8 (continuación)

Energía renovable	
Objetivo principal	Producción de energía renovable y reducción de las emisiones
Sectores pertinentes	Biodiversidad, agricultura, seguridad alimentaria
Sinopsis	La producción de energía renovable puede exigir importantes recursos de extensiones de tierra y agua, lo que crea posibilidades de interacciones tanto positivas como negativas entre las políticas de mitigación y la gestión del suelo. [4.4.4, 13.3.1, 19.3.2, 19.4.1, recuadro CC-AE]
Ejemplos con interacciones	<p><b>América Central y del Sur:</b> Los recursos renovables, especialmente la energía hidroeléctrica y los biocombustibles, representan partes sustanciales de la producción energética de países como Brasil. En los casos en que los cultivos bioenergéticos compiten por el suelo con los cultivos alimentarios, se pueden producir importantes contrapartidas. El cambio de uso del suelo para producir bioenergía puede afectar a los cultivos alimentarios, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Las materias primas lignocelulósicas, como la caña de azúcar para tecnologías de segunda generación, no representan competencia para los alimentos. [19.3.2, 27.3.6, 27.6.1, cuadro 27-6]</p> <p><b>Australia y Nueva Zelanda:</b> Los objetivos obligatorios en relación con las energías renovables y los incentivos a aumentar el almacenamiento de carbono apoyan una mayor producción de biocombustibles y mayor secuestro biológico de carbono, con repercusión en la biodiversidad en función de la aplicación. Entre sus beneficios se incluyen una menor erosión, hábitat adicional y mejor conectividad, con riesgos u oportunidades perdidas asociados con monocultivos a gran escala especialmente en caso de reemplazo de paisajes más diversos. Los cambios en la cubierta del suelo a gran escala pueden afectar de formas complejas a la capacidad de captación de las cuencas y al clima regional. Los nuevos cultivos como el eucalipto malléa para obtención de aceite y otros eucaliptos pueden aportar múltiples beneficios, especialmente en zonas marginales, desplazando a los combustibles fósiles o como medio de secuestro de carbono, lo que genera ingresos a los propietarios de las tierras (aceites esenciales, carbón vegetal, biocarbón y biocombustibles), y proporciona servicios ecosistémicos. [cuadro 25-7, recuadro 25-10]</p>
Reducción de riesgos de desastre y adaptación a los fenómenos climáticos extremos	
Objetivo principal	Aumento de la resiliencia a los episodios meteorológicos extremos en un clima cambiante
Sectores pertinentes	Infraestructura, uso de la energía, planificación espacial
Sinopsis	Hay sinergias y soluciones de compromiso entre el desarrollo sostenible, la adaptación y la mitigación que tienen lugar al prepararse para los fenómenos climáticos extremos y los desastres y al responder a ellos. [13.2 a 13.4, 20.3, 20.4]
Ejemplos con interacciones	<p><b>Filipinas:</b> la Federación de personas sin hogar de Filipinas elaboró respuestas a raíz de los desastres, que incluyeron la recopilación de datos extraídos de la comunidad (p. ej., evaluación de la destrucción y necesidades inmediatas de las víctimas); fomento de la confianza y el contacto; apoyo del ahorro; registro de las organizaciones comunitarias; e identificación de las intervenciones necesarias (p. ej., elaboración de préstamos materiales). Los estudios comunitarios hicieron una relación de los habitantes en situación especial de riesgo en los asentamientos informales, lo que hizo que aumentara la conciencia entre los habitantes y aumentara el compromiso de la comunidad con la planificación de la reducción de riesgos y los sistemas de alerta temprana. [8.3.2, 8.4.2]</p> <p><b>Londres:</b> Dentro de Londres, la forma de las construcciones y otras características de las viviendas pueden tener una influencia mayor en las temperaturas interiores durante las olas de calor que el efecto de isla de calor urbana, y la utilización de la sombra, la masa térmica, el control de ventilación y otras características de diseño pasivo son opciones de adaptación eficaces. Los diseños de vivienda pasivos mejoran la ventilación natural y el aislamiento, al tiempo que también hacen que disminuyan las emisiones del hogar. Por ejemplo, en Londres la urbanización Beddington Zero Energy Development se diseñó para reducir o eliminar la demanda energética para calefacción, refrigeración y ventilación durante gran parte del año. [8.3.3, 11.7.4]</p> <p><b>Estados Unidos:</b> En Estados Unidos, los fondos para después de los desastres destinados a la reducción de pérdidas se añaden a los proporcionados para la recuperación de los desastres. Se pueden utilizar, por ejemplo, para comprar propiedades que han experimentado repetidas pérdidas por inundación y reubicar a los residentes en lugares más seguros, para elevar estructuras, para ayudar a las comunidades a comprar propiedades y alterar los patrones de uso del suelo en zonas propensas a las inundaciones, y para realizar otras actividades diseñadas para aminorar los impactos de futuros desastres. [14.3.3]</p>

transformación pueden plantear nuevas y crecientes demandas en las estructuras de gobernanza. [1.1, 2.1, 2.5, 8.4, 14.1, 14.3, 16.2 a 16.7, 20.5, 22.4, 25.4, 25.10, figura 1-5, recuadros 16-1 y 16-4]

#### Ejemplos de cobeneficios, sinergias y soluciones de compromiso entre la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible

**Existen importantes cobeneficios, sinergias y soluciones de compromiso entre la mitigación y la adaptación y entre las distintas respuestas de adaptación; ocurren interacciones tanto dentro de las regiones como entre ellas (*nivel de confianza muy alto*).** Como ejemplos ilustrativos cabe destacar los siguientes.

- Los crecientes esfuerzos desplegados en pro de la mitigación del cambio climático y la adaptación a él van aparejados a una creciente complejidad de las interacciones, especialmente en las intersecciones entre los sectores del agua, la energía, el uso del suelo y la biodiversidad, pero aún siguen siendo reducidas las herramientas disponibles para comprender y manejar tales interacciones (*nivel de confianza muy alto*). Véase el recuadro RT.9. La transformación generalizada de los ecosistemas terrestres para mitigar el cambio climático, por ejemplo para secuestrar el carbono por medio de plantar especies arbóreas de rápido crecimiento en ecosistemas donde no existían previamente, o la conversión de tierras no cultivadas o no degradadas anteriormente a plantaciones de cultivos bioenergéticos, puede ocasionar impactos negativos en los ecosistemas y la biodiversidad (*nivel de confianza alto*). [3.7, 4.2 a 4.4, 22.6, 24.6, 25.7, 25.9, 27.3, recuadros 25-10 y CC-AE]

de confianza alto). [3.7, 4.2 a 4.4, 22.6, 24.6, 25.7, 25.9, 27.3, recuadros 25-10 y CC-AE]

- Las políticas climáticas como el aumento de la oferta energética procedente de recursos renovables, el fomento de los cultivos bioenergéticos o la facilitación de pagos en el marco de REDD+ afectará a algunas zonas rurales tanto positivamente (p. ej., aumentando las oportunidades de empleo) como negativamente (p. ej., cambios de uso del suelo y mayor escasez de capital natural) (*nivel de confianza medio*). Estos impactos secundarios y las soluciones de compromiso entre la mitigación y la adaptación en las zonas rurales tienen implicaciones para la gobernanza, entre ellas beneficios de promoción de la participación de las partes interesadas rurales. Las políticas de mitigación con los cobeneficios sociales previstos en su diseño, como el Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) y REDD+, han tenido efectos limitados o ningún efecto en relación con el alivio de la pobreza y el desarrollo sostenible (*nivel de confianza medio*). Los esfuerzos de mitigación centrados en la adquisición de tierras para la producción de biocombustibles muestran impactos negativos preliminares para los pobres en muchos países en desarrollo, y en particular para los pueblos indígenas y los pequeños agricultores (mujeres). [9.3, 13.3, 22.6]
- Los ecosistemas de manglar, pastos marinos y marismas ofrecen importantes oportunidades de almacenamiento y secuestro de carbono (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*), además de bienes y servicios ecosistémicos como protección contra la erosión costera y el daño por tormentas así como mantenimiento de hábitats de especies pesqueras. En relación con la mitigación y

adaptación relacionada con el océano en el contexto del calentamiento y la acidificación antropógenos del océano, los marcos internacionales ofrecen oportunidades para resolver problemas de forma colectiva, por ejemplo, mediante la gestión de la pesca a través de las fronteras nacionales y la respuesta a los fenómenos extremos. [5.4, 25.6, 30.6, 30.7]

- Los enfoques de geoingeniería que comprenden la manipulación del océano para mejorar el cambio climático (como la fertilización con nutrientes, la absorción de CO<sub>2</sub> por medio de aumentar la alcalinidad o dirigir la inyección de CO<sub>2</sub> a los fondos marinos) tienen consecuencias ambientales y socioeconómicas conexas muy grandes (*nivel de confianza alto*). Los métodos alternativos que se centran en la gestión de la radiación solar no frenan la acidificación del océano puesto que no pueden mitigar las crecientes emisiones atmosféricas de CO<sub>2</sub>. [6.4]
- Algunas prácticas agrícolas pueden hacer que disminuyan las emisiones y también que aumente la resiliencia de los cultivos a la temperatura y la variabilidad de las precipitaciones (*nivel de confianza alto*). [23.8, cuadro 25-7]
- Muchas soluciones para reducir el consumo de energía y agua en las zonas urbanas con cobeneficios para la adaptación al cambio climático (p. ej. el ajardinamiento de tejados y el reciclaje del agua) ya se están poniendo en práctica (*nivel de confianza alto*). Los sistemas de transporte que fomentan un transporte activo y un menor uso de vehículos motorizados puede mejorar la calidad del aire y aumentar la actividad física (*nivel de confianza medio*). [11.9, 23.8, 24.4, 26.3, 26.8, recuadros 25-2 y 25-9]
- Una mayor eficiencia energética y unas fuentes de energía más limpias pueden dar lugar a menores emisiones de contaminantes atmosféricos que alteran el clima y dañan la salud (*nivel de confianza muy alto*). [11.9, 23.8]
- En África, la experiencia en la aplicación de respuestas de adaptación y mitigación integradas que aprovechan las ventajas del desarrollo comprende una cierta participación de los agricultores y las comunidades locales en los sistemas de compensación de las emisiones de carbono y un mayor uso de la agrosilvicultura y la

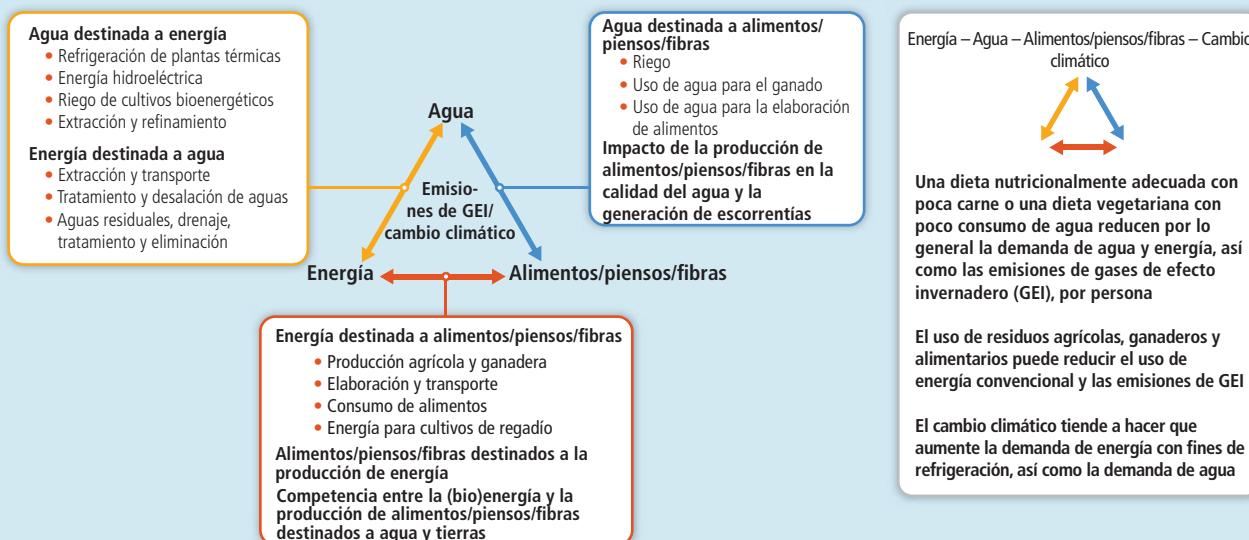
regeneración forestal asistida por agricultores (*nivel de confianza alto*). [22.4, 22.6]

- En Asia, el desarrollo de ciudades sostenibles con menos vehículos impulsados por combustibles fósiles y con más árboles y zonas verdes tendría una serie de cobeneficios, incluida una mayor salud pública (*nivel de confianza alto*). [24.4 a 24.7]
- En Australasia, los efectos transfronterizos de los impactos del cambio climático y las respuestas exteriores a Australasia tienen posibilidades de contrarrestar algunos de los impactos directos dentro de la región, especialmente impactos económicos en sectores muy comercializados como son la agricultura (*nivel de confianza medio*) y el turismo (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*), pero estas cuestiones siguen estando entre las menos estudiadas. [25.7, 25.9, recuadro 25-10]
- En América del Norte, las políticas que abordan las preocupaciones locales (p. ej., contaminación del aire, vivienda para los pobres o disminución de la producción agrícola) se pueden adaptar a costos muy reducidos o sin ningún costo para cumplir objetivos de adaptación, mitigación y sostenibilidad (*nivel de confianza medio*). [26.9]
- En América Central y del Sur, la energía renovable basada en la biomasa puede influir en el cambio de uso del suelo y la deforestación, y podría verse afectada por el cambio climático (*nivel de confianza medio*). La expansión de la caña de azúcar, la soja y la palma de aceite pueden tener algún efecto en el uso del suelo, provocando deforestación en algunas partes del Amazonas y América Central, entre otras subregiones, y pérdida de empleos en algunos países. [27.3]
- Para las islas pequeñas, el suministro y uso de energía, la infraestructura y actividades turísticas y los humedales costeros ofrecen oportunidades de sinergias entre la adaptación y la mitigación (*nivel de confianza medio*). [29.6 a 29.8]

**El cuadro RT.8 ofrece más ejemplos específicos de las interacciones entre la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible como complemento de las conclusiones de la evaluación recién expuestas.**

## Recuadro RT.9 | El nexo agua-energía-alimentos

El agua, la energía y los alimentos/piensos/fibras están vinculados entre sí por numerosas trayectorias interactivas afectadas por un clima cambiante (recuadro RT.9 figura 1). [recuadro CC-AE] El calado y la intensidad de esos vínculos varían enormemente en función del país, la región y el sistema de producción. Muchas fuentes de energía exigen un importante volumen de agua y producen una gran cantidad de aguas residuales en las que es necesario invertir energía para su tratamiento. [3.7, 7.3, 10.2, 10.3, 22.3, 25.7, recuadro CC-AE] La producción de alimentos, la refrigeración, el transporte y el procesamiento también exigen energía y agua. Un importante vínculo entre los alimentos y la energía en relación con el cambio climático es la competencia que mantienen la bioenergía y la producción de alimentos por el suelo y el agua, y la sensibilidad de la precipitación, la temperatura y los rendimientos de los cultivos frente al cambio climático (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [7.3, recuadros 25-10 y CC-AE]



**Recuadro RT.9 figura 1 |** El nexo agua-energía-alimentos en su relación con el cambio climático, con las implicaciones para las estrategias de adaptación y de mitigación. [figura AE-1, recuadro CC-AE]

La mayoría de los métodos de producción de energía necesitan un volumen considerable de agua, de forma directa (p. ej., fuentes de energía basada en cultivos y energía hidroeléctrica) o indirecta (p. ej., para la refrigeración en el caso de las fuentes de energía térmica u otras operaciones) (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [10.2, 10.3, 25.7, recuadro CC-AE] Se necesita agua para la minería, el procesamiento y la eliminación de los residuos de los combustibles fósiles o sus subproductos. [25.7] El agua utilizada en la energía actualmente varía de una pequeña parte porcentual de las extracciones de agua dulce en la mayoría de los países en desarrollo a más del 50% de las extracciones en algunos países desarrollados, según el país. [recuadro CC-AE] Las futuras necesidades de agua dependerán del crecimiento de la demanda eléctrica, la cartera de tecnologías de generación de energía y las opciones de gestión del agua (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). La futura disponibilidad de agua para la producción de energía se alterará debido al cambio climático (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). [3.4, 3.5, recuadro CC-AE]

También se necesita energía para el suministro y tratamiento del agua. Asimismo puede que sea necesario utilizar grandes cantidades de energía para elevar el agua (especialmente conforme se vayan agotando los acuíferos), transportarla y distribuirla, así como para su tratamiento con fines de utilización o descontaminación. Se necesita energía en las ciudades para tratar o eliminar las aguas residuales e incluso el exceso de lluvia. La obtención de agua de algunas fuentes no convencionales (agua residual o agua marina) a menudo requiere mucha energía. [cuadro 25-7, recuadro 25-2] Las intensidades energéticas por metro cúbico de agua varían a razón de un factor aproximado de 10 entre las distintas fuentes, por ejemplo, entre el agua potable producida localmente de fuentes de agua subterránea/superficial y el agua marina desalinizada. [recuadros 25-2 y CC-AE] Las aguas subterráneas por lo general requieren más energía que las aguas superficiales. [recuadro CC-AE]

Los vínculos entre el agua, la energía, los alimentos/piensos/fibras y el clima están muy estrechamente relacionados con el uso y la gestión del suelo, como la forestación, que puede afectar al agua así como a otros servicios ecosistémicos, el clima y los ciclos del agua (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). La degradación de la tierra a menudo hace que disminuya la eficiencia del uso del agua y la energía (p. ej., provocando mayor demanda de fertilizantes y escorrentía superficial) y muchas de esas interacciones pueden poner en peligro la seguridad alimentaria. Por otro lado, las actividades de forestación para secuestrar el carbono tienen importantes cobeneficios al hacer que se reduzca la erosión del suelo y proporcionar hábitat adicional (aunque solo sea temporal), pero también pueden hacer que disminuyan los recursos hídricos renovables. [3.7, 4.4, recuadros 25-10 y CC-AE]

La consideración de las interconexiones de la energía, los alimentos/piensos/fibras, el agua, el uso del suelo y el cambio climático tiene implicaciones para la seguridad de los suministros de energía, alimentos y agua; las trayectorias de adaptación y mitigación; la reducción de la contaminación atmosférica; y los impactos en la salud y la economía. Este nexo cada vez se reconoce más como fundamental para la toma de decisiones eficaz en relación con las trayectorias resilientes al clima (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*), si bien siguen siendo muy limitadas las herramientas de apoyo a las evaluaciones y decisiones a escala local y regional.



# **Preguntas frecuentes**



## Preguntas frecuentes

Las siguientes preguntas frecuentes (PF) ofrecen un punto de partida como acercamiento al enfoque y las conclusiones científicas de la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación. Para consultar el resumen de las conclusiones científicas, véanse el Resumen para responsables de políticas (RRP) y el Resumen técnico (RT). Las siguientes preguntas frecuentes, presentadas en un lenguaje claro y accesible, no son una evaluación formal del grado de certidumbre existente en las conclusiones, y no contienen el lenguaje de incertidumbre calibrado presentado en el Resumen para responsables de políticas, el Resumen técnico y los capítulos de base. Las fuentes de la evaluación pertinente en el informe se señalan mediante los números de los capítulos entre corchetes.

### **PF 1: ¿Los riesgos del cambio climático se deben principalmente a los cambios en los episodios extremos, a los cambios en el clima medio, o a ambos?**

[Capítulos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30; RT]

Las personas y los ecosistemas en todo el mundo viven el clima de formas muy distintas, pero los episodios extremos meteorológicos y climáticos influyen poderosamente en las pérdidas y las perturbaciones. Las condiciones climáticas medias son importantes. Estas proporcionan una base para la comprensión de lo que crece y dónde, y para tomar decisiones con fundamento sobre los destinos turísticos, otras oportunidades de negocio y qué cultivos conviene plantar. Pero los impactos de un cambio en las condiciones medias a menudo ocurren como resultado de cambios en la frecuencia, intensidad o duración de fenómenos meteorológicos o climáticos extremos. Son los extremos los que imponen demandas excesivas y a menudo imprevistas sobre unos sistemas que están mal equipados para afrontar situaciones extremas. Por ejemplo, las condiciones húmedas conducen a inundación cuando una tormenta descarga y otra infraestructura destinada a manipular el agua en exceso está sobrecargada. Los edificios ceden cuando las velocidades del viento sobrepasan las normas de diseño. Para muchas clases de perturbación, desde las malas cosechas causadas por la sequía hasta la enfermedad y la muerte causadas por las olas de calor, los principales riesgos están en los extremos, con cambios en las condiciones medias que representan a un clima con calendarios, intensidad y tipos de extremos alterados.

### **PF 2: ¿Cuánto podemos decir sobre cómo será una sociedad en el futuro, a fin de preparar planes para los impactos del cambio climático?**

[Capítulos 1, 2, 14, 15, 16, 17, 20 y 21; RT]

Las características generales de las sociedades y las economías, como el tamaño de la población, la actividad económica y el uso del suelo, tienen gran dinamismo. A escala de tan solo uno o dos decenios, y a veces en menos tiempo, las revoluciones tecnológicas, los movimientos políticos o sucesos singulares pueden conformar el curso de la historia de modos impredecibles. A fin de comprender los impactos potenciales del cambio climático en las sociedades y los ecosistemas, los científicos utilizan escenarios para explorar las implicaciones de una serie de futuros posibles. Los escenarios no son predicciones de lo que ocurrirá, pero pueden ser herramientas útiles para investigar una amplia gama

de preguntas del tipo "¿qué pasaría si ...?" sobre cómo podría ser el mundo en el futuro. También se pueden utilizar para estudiar las futuras emisiones de gases de efecto invernadero y el cambio climático. Asimismo se pueden utilizar para explorar las maneras en que los impactos del cambio climático dependen de los cambios en la sociedad, como el crecimiento económico o demográfico o el progreso en el control de enfermedades. Los escenarios de posibles decisiones y políticas pueden utilizarse para estudiar el espacio de soluciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y prepararse para un clima cambiante. El análisis de escenarios crea una base para la comprensión de los riesgos del cambio climático para las personas, los ecosistemas y las economías en una serie de posibles futuros. Brinda importantes herramientas para una toma de decisiones inteligente en los casos en que tanto las incertidumbres como las consecuencias son muy variables.

### **PF 3: ¿Por qué el cambio climático supone un reto particularmente difícil para la gestión del riesgo?**

[Capítulos 1, 2, 16, 17, 19, 20, 21 y 25; RT]

La gestión del riesgo es más fácil para los países, las empresas e, incluso, las personas cuando la probabilidad y las consecuencias de posibles sucesos se pueden comprender con rapidez. Y se complica mucho más cuanto más es lo que está en juego o mayor es la incertidumbre. Según demuestra la contribución GTII IE5, sabemos mucho sobre los impactos del cambio climático que ya ha ocurrido y comprendemos mucho sobre los impactos previstos en el futuro. Pero siguen y seguirán existiendo muchas incertidumbres. En particular, las futuras emisiones de gases de efecto invernadero dependen de las elecciones sociales, las políticas y los avances tecnológicos que aún no se han realizado, y los impactos del cambio climático dependen tanto de la cantidad de cambio climático que ocurrira como de la eficacia del desarrollo en la reducción de la exposición y la vulnerabilidad. El verdadero reto de afrontar con eficacia el cambio climático es reconocer el valor de las decisiones sensatas y oportunas en un ámbito en el que saberlo todo es imposible. Y esta es la esencia de la gestión del riesgo.

### **PF 4: ¿Cuáles son los plazos para los beneficios de la mitigación y la adaptación?**

[Capítulos 1, 2, 16, 19, 20 y 21; RT]

La adaptación puede hacer que disminuya el daño de los impactos que no se pueden evitar. Las estrategias de mitigación pueden hacer que disminuya la cantidad de cambio climático que ocurrira, según se sintetiza en la contribución GTIII IE5. Pero las consecuencias de las inversiones en mitigación se aprecian con el tiempo. Las limitaciones de la infraestructura existente, el reducido desarrollo de muchas tecnologías limpias y las aspiraciones legítimas de crecimiento económico en todo el mundo tienden a ralentizar la desviación de las tendencias establecidas en las emisiones de gases de efecto invernadero. En los próximos decenios, el cambio climático que experimentemos vendrá determinado principalmente por la combinación de las acciones pasadas y las tendencias del momento. El futuro próximo es por tanto una era en la que la reducción del riesgo a corto plazo se deriva de la adaptación a los cambios que ya están ocurriendo. Las inversiones en mitigación durante el corto y el largo plazo consiguen tener, sin embargo, un sólido punto de apoyo en relación con la magnitud del cambio climático en los decenios finales del siglo, logrando que la segunda mitad del siglo XXI y el lapso posterior sean una era de opciones climáticas. La

adaptación aún será importante durante la era de opciones climáticas, pero con oportunidades y necesidades que dependerán en muchos aspectos del cambio climático y la política de desarrollo, tanto a corto como a largo plazo.

#### **PF 5: ¿Puede la ciencia determinar los umbrales más allá de los cuales el cambio climático es peligroso?**

[Capítulos 1, 2, 4, 5, 6, 16, 17, 18, 19, 20 y 25; RT]

Las actividades humanas están modificando el clima. Los impactos del cambio climático ya están muy extendidos y tienen consecuencias. Pero mientras la ciencia puede cuantificar los riesgos del cambio climático en un sentido técnico, sobre la base de la probabilidad, la magnitud y la naturaleza de las consecuencias potenciales del cambio climático, determinar lo que es peligroso es en definitiva un juicio que depende de valores y objetivos. Por ejemplo, las personas normalmente valoran el presente frente al futuro de forma diferente y en su visión personal del mundo conceden importancia a bienes como la biodiversidad, la cultura y la estética. Los valores también tienen influencia en los criterios sobre la importancia relativa del crecimiento económico mundial frente a velar por el bienestar de los más vulnerables entre nosotros. Los juicios sobre la peligrosidad pueden depender del grado en que los propios medios de subsistencia, comunidad y familia de forma directa estén expuestos y sean vulnerables al cambio climático. Una persona o comunidad que haya debido desplazarse por el cambio climático podría de forma legítima considerar que el impacto específico que ocasionó su desplazamiento era peligroso, incluso aunque no haya traspasado el umbral global de peligrosidad. La evaluación científica del riesgo puede ofrecer un importante punto de partida para esos juicios de valor sobre el peligro del cambio climático.

#### **PF 6: ¿Estamos observando los impactos del reciente cambio climático?**

[Capítulos 3, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30; RRP]

Así es, en efecto; existe una evidencia sólida de impactos del cambio climático reciente observado sobre los sistemas físicos, biológicos y humanos. Muchas regiones han experimentado tendencias de calentamiento y valores extremos de las temperaturas altas más frecuentes. Las temperaturas en aumento se asocian con mantos de hielo reducidos, y muchos ecosistemas están experimentando transformaciones inducidas por el clima en la actividad, zona de distribución o abundancia de las especies que habitan en ellos. Los océanos también están mostrando cambios en sus propiedades físicas y químicas que, a su vez, están afectando a los ecosistemas costeros y marinos como los arrecifes de coral y otros organismos marinos como moluscos, crustáceos, peces y zooplancton. La producción agrícola y las poblaciones de peces son sensibles a los cambios en la temperatura. Los impactos del cambio climático se están traduciendo en cambios en los rendimientos de los cultivos, con menores rendimientos en general y a veces con aumentos en las latitudes templadas y altas; y el potencial de capturas de peces está aumentando en algunas regiones pero disminuyendo en otras. Algunas comunidades indígenas están modificando sus patrones de migración estacional y de caza para adaptarse a los cambios en la temperatura.

#### **PF 7: ¿Son los futuros impactos del cambio climático solo negativos? ¿Podrían tener también impactos positivos?**

[Capítulos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 30]

En general, el informe indica que de los impactos proyectados para el futuro son muchos más los negativos que los positivos, especialmente para grandes magnitudes y tasas del cambio climático. El cambio climático tendrá, sin embargo, diferentes impactos en las personas alrededor del mundo y sus efectos variarán no solo en función de la región sino del momento, dependiendo de la tasa y magnitud del cambio climático. Por ejemplo, muchos países afrontarán mayores desafíos en relación con el desarrollo económico, mayores riesgos por algunas enfermedades o ecosistemas degradados, pero habrá otros países que probablemente tengan mayores oportunidades de desarrollo económico, menos casos de determinadas enfermedades o más superficie de tierra productiva. Las alteraciones en el rendimiento de los cultivos variarán en función de la geografía y la latitud. Los patrones de capturas potenciales para la pesca también están cambiando en todo el mundo, tanto con consecuencias positivas como negativas. La disponibilidad de los recursos como el agua utilizable también dependerá de las tasas de cambio de la precipitación, con menor disponibilidad en muchas partes, pero posibles aumentos en la escorrentía y la recarga de las aguas subterráneas en algunas regiones, como las que se encuentran a altas latitudes y en los trópicos húmedos.

#### **PF 8: ¿Qué comunidades son las más vulnerables a los impactos del cambio climático?**

[Capítulos 8, 9, 12, 13, 19, 22, 23, 26, 27 y 29 y cuadro CC-GC]

Todas las sociedades son vulnerables a los impactos del cambio climático, pero la naturaleza de esa vulnerabilidad varía entre las distintas regiones y comunidades, a lo largo del tiempo, y depende de condiciones socioeconómicas únicas y otras condiciones. Las comunidades más pobres suelen ser más vulnerables a la pérdida de la salud y la vida, mientras que las comunidades más ricas generalmente tienen más activos económicos en situación de riesgo. Las regiones afectadas por la violencia o la ineficiencia de la gobernanza pueden ser particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático. Los retos de desarrollo, como la desigualdad de género y los bajos niveles educativos, así como otras diferencias entre las comunidades en cuanto a edad, raza y etnidad, situación socioeconómica y gobernanza pueden influir en la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático de modos complejos.

#### **PF 9: ¿Causa el cambio climático conflictos violentos?**

[Capítulos 12 y 19]

Algunos factores que hacen que aumenten los riesgos de conflictos violentos y guerras civiles son sensibles al cambio climático. Por ejemplo, existe cada vez más evidencia de que factores como bajos ingresos per cápita, contracción económica e instituciones públicas volubles se asocian con la incidencia de guerras civiles, y también parecen ser sensibles al cambio climático. Las políticas del cambio climático, especialmente las que están asociadas con derechos cambiantes a los recursos, también pueden hacer que aumenten los riesgos de conflicto violento. Si bien los estudios estadísticos documentan una relación entre la variabilidad climática y el conflicto, aún hay gran desacuerdo en cuanto a si el cambio climático causa de forma directa conflictos violentos.

**PF 10: ¿Cómo están conectados la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible?**

[Capítulos 1, 2, 8, 9, 10, 11, 13, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 29]

La mitigación tiene potencial para reducir los impactos del cambio climático, y la adaptación puede hacer disminuir el daño de esos impactos. Juntos, ambos enfoques pueden contribuir al desarrollo de sociedades que sean más resilientes a la amenaza del cambio climático y, por tanto, a sociedades más sostenibles. Los estudios indican que las interacciones entre las respuestas de adaptación y de mitigación presentan posibilidades de sinergias y contrapartidas que varían en función del contexto. Las respuestas de adaptación pueden hacer que aumenten las emisiones de gases de efecto invernadero (p. ej., más aire acondicionado utilizando fuentes fósiles en respuesta a las mayores temperaturas), y la mitigación puede obstaculizar la adaptación (p. ej., un mayor uso de suelo para la producción de cultivos bioenergéticos con un impacto negativo en los ecosistemas). Cada vez es mayor el número de ejemplos que existen sobre los cobeneficios de la mitigación y las políticas de desarrollo, como las que pueden reducir potencialmente las emisiones locales de contaminantes atmosféricos que dañan la salud y alteran el clima derivados de los sistemas energéticos. Es evidente que la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible estarán conectados en el futuro.

**PF 11: ¿Por qué es difícil estar seguro del papel desempeñado por el cambio climático en los efectos observados sobre las personas y los ecosistemas?**

[Capítulos 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30]

El cambio climático es uno de los muchos factores que tienen un impacto en las complejas sociedades humanas y ecosistemas naturales de la Tierra. En algunos casos, el efecto del cambio climático tiene un patrón singular en espacio o tiempo, lo que brinda una pista para su identificación. En otros, los posibles efectos del cambio climático se combinan plenamente con los efectos del cambio de uso del suelo, el desarrollo económico, los cambios en la tecnología u otros procesos. Las tendencias en las actividades humanas, la salud y la sociedad a menudo tienen muchas causas simultáneas, lo que dificulta especialmente diferenciar separadamente el papel del cambio climático.

Muchos de los daños relativos al clima se derivan de episodios meteorológicos extremos y podrían estar afectados por cambios en la frecuencia e intensidad de esos episodios debido al cambio climático. Los episodios más dañinos son raros, y el nivel del daño depende del contexto. Por tanto, puede resultar complicado deducir una confianza estadística a partir de las tendencias observadas, especialmente cuando se trata de cortos períodos de tiempo. A pesar de ello, se han identificado muchos impactos del cambio climático en el entorno físico y los ecosistemas, y también cada vez es mayor el número de impactos en los sistemas humanos que se descubren.



# Recuadros multicapítulos



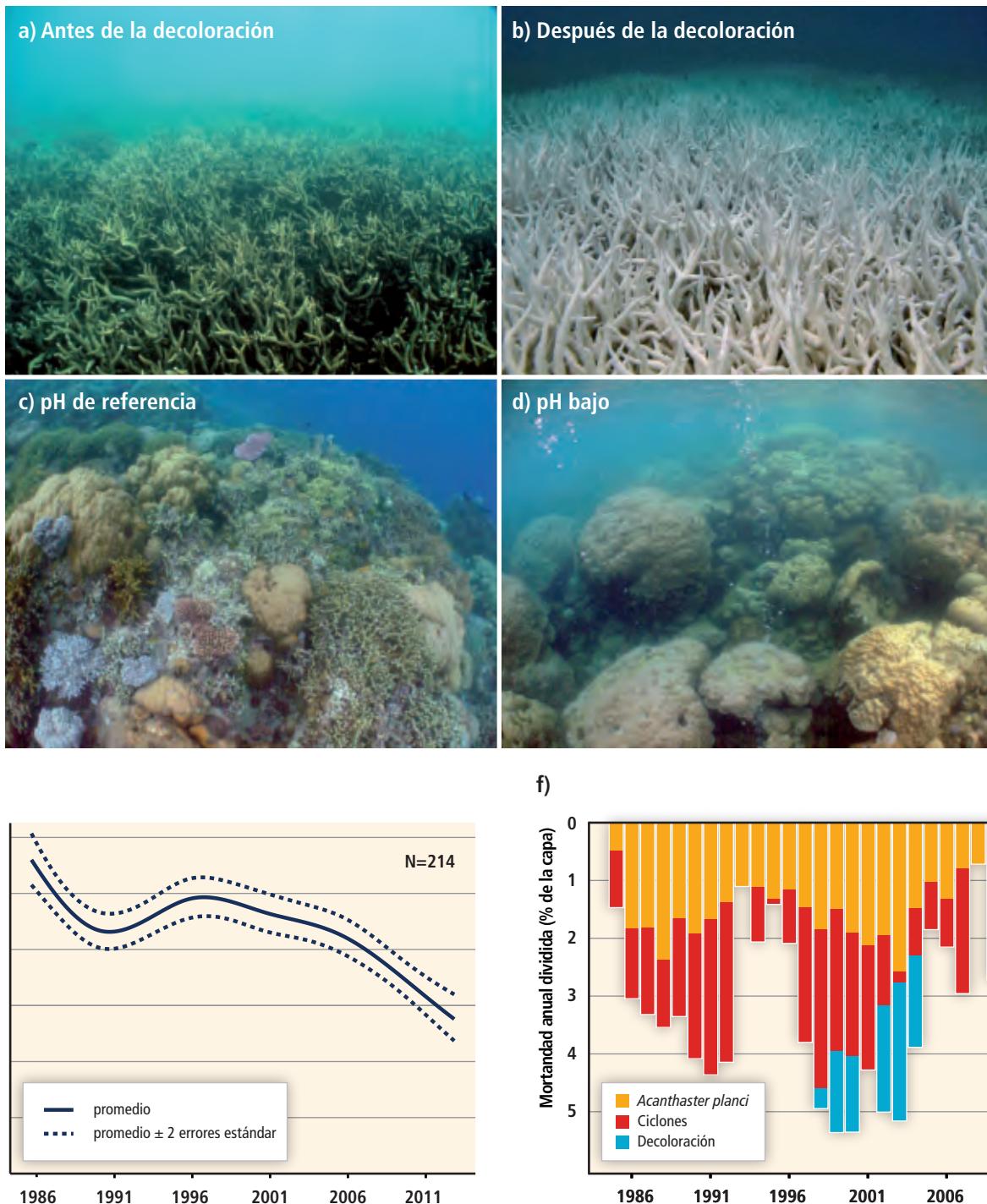
## Arrecifes de coral

Jean-Pierre Gattuso (Francia), Ove Hoegh-Guldberg (Australia), Hans-Otto Pörtner (Alemania)

Los arrecifes de coral son ecosistemas de aguas poco profundas consistentes en arrecifes conformados por carbonato cálcico procedente fundamentalmente de corales de arrecife y de macroalgas encostrantes. Aunque ocupan menos del 0,1% del fondo oceánico, en todo el trópico cumplen múltiples funciones importantes, acogiendo un alto nivel de diversidad biológica y aportando destacados bienes y servicios ecosistémicos, como servir de hábitat pesquero y ofrecer protección costera y atractivos entornos turísticos (Wild y otros, 2011). Cerca de 275 millones de personas viven en un radio de 30 km de distancia de un arrecife de coral (Burke y otros, 2011) y perciben algún tipo de beneficio de los servicios ecosistémicos derivados de los arrecifes de coral (Hoegh-Guldberg, 2011), en particular servicios de aprovisionamiento (alimentos, medios de subsistencia, material de construcción, medicamentos), de regulación (protección del litoral, calidad del agua), de apoyo (producción primaria, reciclamiento de nutrientes) y culturales (religión, turismo). Ello es especialmente cierto en la mayor parte de las muchas naciones costeras y pequeños Estados insulares ubicados en las regiones tropicales (sección 29.3.3.1).

Los arrecifes de coral se encuentran entre los ecosistemas marinos más vulnerables (*nivel de confianza alto*, secciones 5.4.2.4, 6.3.1, 6.3.2, 6.3.5, 25.6.2 y 30.5); más de la mitad de los arrecifes del mundo corren peligro de degradación medio o alto (Burke y otros, 2011). La mayor parte de las alteraciones de origen humano sufridas por arrecifes de coral eran de ámbito local hasta principios de los años ochenta (p. ej., desarrollo costero insostenible, contaminación, acumulación de nutrientes y pesca excesiva), momento en que empezaron a generalizarse las alteraciones debidas al calentamiento oceánico (principalmente, fenómenos masivos de decoloración y mortandad de los corales) (Glynn, 1984). Durante ese mismo período empezó a preocupar el impacto de la acidificación oceánica en los arrecifes de coral, especialmente por lo que se refiere a las consecuencias de esa acidificación en la constitución y el mantenimiento de la estructura de carbonato cálcico del arrecife (recuadro CC-AO).

Factores climáticos y no climáticos muy diversos afectan a los corales y arrecifes de coral, habiéndose ya observado consecuencias negativas (secciones 5.4.2.4, 6.3.1, 6.3.2, 25.6.2.1, 30.5.3, 30.5.6). La decoloración se debe a la pérdida de algas endosimbióticas que viven en el tejido coralino y contribuyen de forma esencial al suministro de energía al coral que las hospeda (véanse los detalles fisiológicos en la sección 6.3.1 y un análisis regional en la sección 30.5). Los fenómenos masivos de decoloración y mortandad de los corales, provocados por anomalías positivas de la temperatura (*nivel de confianza alto*), constituyen el impacto más generalizado y notorio del cambio climático (figura AC-1a y b, figura 5-3; secciones 5.4.2.4, 6.3.1, 6.3.5, 25.6.2.1, 30.5 y 30.8.2). Por ejemplo, el nivel de estrés térmico registrado en la mayoría de las 47 zonas



**Figura AC-1 |** a), b) El mismo complejo coralino antes y después de un fenómeno de decoloración registrado en febrero de 2002 a 5 m de profundidad en Halfway Island, Gran Barrera de Arrecifes. Cerca del 95% del complejo coralino sufrió decoloración severa en 2002 (Elvidge y otros, 2004). Los corales padecen mayor mortandad a medida que aumenta la intensidad de un episodio de calor. Unas cuantas especies de coral que presentan la capacidad de contener comunidades simbióticas de dinoflagelados parecen más tolerantes a condiciones más cálidas (Berkelmans y van Oppen, 2006; Jones y otros, 2008). c), d) Tres filtraciones de CO<sub>2</sub> en la provincia de Milne Bay (Papua Nueva Guinea) vienen a indicar que la exposición prolongada a un nivel alto de CO<sub>2</sub> va aparejada a cambios fundamentales en la ecología de los arrecifes de coral (Fabricius y otros, 2011), como una disminución de la diversidad coralina (~39%), una reducción drástica de la complejidad estructural (~67%), una menor densidad de corales jóvenes (~66%) y una menor presencia de algas coralinas crustosas (~85%). En sitios donde abunda el CO<sub>2</sub> (d, pH<sub>T</sub> mediano: ~7,8, donde pH<sub>T</sub> indica el pH en la escala total), los arrecifes están dominados por corales enormes, mientras que los corales de gran complejidad morfológica están menos representados que en los sitios de referencia. (c, pH<sub>T</sub> mediano: ~8,0). El desarrollo de corales cesa cuando los valores del pH<sub>T</sub> son inferiores a 7,7. e) Evolución de la capa de coral en toda la Gran Barrera de Arrecifes, período 1985-2012 (N=número de arrecifes, De'ath y otros, 2012). f) Las barras compuestas indican la mortandad media de corales estimada para cada año, mientras que las subbarras indican la mortandad relativa debida a *Acanthaster planci*, ciclones y decoloración en la totalidad de la Gran Barrera de Arrecifes (De'ath y otros, 2012). (Fotografías: R. Berkelmans (a y b) y K. Fabricius (c y d).)

coralinas donde se produjo decoloración en el periodo 1997-1998 no tuvo parangón con lo ocurrido en el período 1903-1999 (Lough, 2000). La acidificación de los océanos reduce la biodiversidad (figura AC-1C y D) y la tasa de calcificación de los corales (*nivel de confianza alto*; secciones 5.4.2.4, 6.3.2, 6.3.5) a la vez que aumenta la tasa de disolución de la estructura del arrecife (*nivel de confianza medio*; sección 5.2.2.4) al propiciar la erosión biológica y la disolución química. Combinados, estos cambios romperán el equilibrio del carbonato cálcico presente en los arrecifes de coral inclinándolo hacia la disolución neta (*nivel de confianza medio*; sección 5.4.2.4).

El calentamiento y la acidificación oceánicos tienen efectos sinérgicos en varios constructores de arrecifes (secciones 5.2.4.2, 6.3.5). En conjunto, estos cambios deteriorarán el hábitat pesquero de los arrecifes y expondrán más los litorales a olas y tormentas y degradarán las características ambientales que revisten importancia para sectores como el turismo (*nivel de confianza alto*; secciones 6.4.1.3, 25.6.2, 30.5).

En un número cada vez mayor de estudios se han observado cambios de ámbito regional en la calcificación y la mortandad de los corales que coinciden con la escala y el impacto del calentamiento y la acidificación oceánicos cuando se comparan con factores locales como el deterioro de la calidad del agua y la pesca excesiva (Hoegh-Guldberg y otros, 2007). La abundancia de corales de arrecife disminuye a gran velocidad en muchas regiones del Pacífico y Asia suroriental (*nivel de confianza muy alto*, 1% a 2% anual en 1968-2004; Bruno y Selig, 2007). Asimismo, la abundancia de corales de arrecife ha disminuido más de un 80% en muchos arrecifes del Caribe (1977-2001; Gardner y otros, 2003), siendo drástico el cambio de fase, de corales a algas, registrado en arrecifes jamaicanos (Hughes, 1994). Los ciclones tropicales, los depredadores de corales y la decoloración y mortandad de corales derivada del estrés térmico contribuyeron entre 1985 y 2012 a una disminución de la capa de coral en la Gran Barrera de Arrecifes próxima al 51% (figura AC-1e y f). Aunque está menos documentado, también corren peligro otros invertebrados bentónicos distintos de los corales (Przeslawski y otros, 2008). La biodiversidad de peces se ve amenazada por la degradación permanente de los arrecifes de coral, incluso en una reserva marina (Jones y otros, 2004).

Los futuros impactos de factores relacionados con el clima (el calentamiento oceánico, la acidificación, la elevación del nivel del mar así como una mayor intensidad de los ciclones tropicales y la pluviosidad) agravarán los efectos de factores que no guardan relación con el clima (*nivel de confianza alto*). Incluso según presupuestos optimistas de rápida adaptación de los corales al estrés térmico, cabe prever que un tercio (del 9% al 60%, intervalo de incertidumbre del 68%) de los arrecifes de coral del mundo se degraden a largo plazo (en los próximos decenios) conforme al escenario de trayectorias de concentración representativas (RCP) 3-PD (Frieder y otros, 2013). Bajo el escenario RCP4.5, la proporción aumenta a dos tercios (del 30% al 88%, intervalo de incertidumbre del 68%). En caso de que los actuales corales tengan una mínima capacidad de aclimatación o adaptación, la mitad de los arrecifes de coral puede evitar una alta frecuencia de decoloración hasta 2100 (*evidencia limitada, nivel de acuerdo bajo*; Logan y otros, 2014). Sin embargo, las evidencias de una rápida adaptación de los corales al cambio climático son nulos o equívocas (Hoegh-Guldberg, 2012).

Los daños en los arrecifes de coral repercuten en varios servicios regionales esenciales:

- *Recursos*: En los arrecifes de coral se obtiene entre el 10% y el 12% del pescado capturado en países tropicales; y entre el 20% y el 25%, en naciones en desarrollo (García y de Leiva Moreno, 2003). Más de la mitad (un 55%) de los 49 países insulares examinados por Newton y otros (2007) explotan ya de forma insostenible la pesca en arrecifes de coral, y las proyecciones indican que la producción de pescado de arrecifes de coral disminuirá en el Pacífico un 20% para 2050 conforme al escenario de emisiones A2 del Informe especial sobre escenarios de emisiones (Bell y otros, 2013).
- *Protección costera*: Los arrecifes de coral contribuyen a la protección del litoral de la acción destructiva de las mareas meteorológicas y los ciclones (Sheppard y otros, 2005) resguardando las únicas tierras habitables de varias naciones insulares, hábitats adecuados para establecer y mantener manglares y humedales y zonas para actividades recreativas. Esta función se ve amenazada por la futura elevación del nivel del mar, la disminución de la capa de coral, la menor tasa de calcificación y las tasas en aumento de disolución y bioerosión debidas al calentamiento y la acidificación oceánicos (secciones 5.4.2.4, 6.4.1, 30.5).
- *Turismo*: Más de 100 países aprovechan el valor recreativo de los arrecifes de coral (Burke y otros, 2011). Por ejemplo, el parque marino de la Gran Barrera de Arrecifes recibe cerca de 1,9 millones de visitas al año y aporta a la economía de Australia 5 400 millones de dólares australianos y 54 000 puestos de trabajo (el 90% en el sector del turismo; Biggs, 2011).

La contribución de los arrecifes de coral al producto interior bruto (PIB) mundial es moderada, pero puede ser grande su importancia económica a escala nacional y regional (Pratchett y otros, 2008). Por ejemplo, el turismo y la pesca representan un 5% del PIB de las islas del Pacífico Sur (media correspondiente a 2001-2011; Laurans y otros, 2013). A escala local, estos dos servicios generaron en 2009-2011 un mínimo del 25% de los ingresos anuales de las aldeas de Vanuatu y Fiji (Pascal, 2011; Laurans y otros, 2013).

Los arrecifes aislados pueden recuperarse de las grandes perturbaciones, y los beneficios de su aislamiento frente a las presiones antropogénicas crónicas pueden compensar los costos de la conectividad limitada (Gilmour y otros, 2013). Las áreas marinas protegidas y la ordenación pesquera ofrecen posibilidades de aumentar la resiliencia de los ecosistemas e impulsar la recuperación de los arrecifes de coral tras impactos del cambio climático, como fenómenos masivos de decoloración (McLeod y otros, 2009); y aunque se trata de instrumentos fundamentales de conservación y ordenamiento, no pueden proteger directamente a los corales del estrés térmico (Selig y otros, 2012), de lo que cabe inferir que se deben complementar con estrategias adicionales o alternativas (Rau y otros, 2012; Billé y otros, 2013). Las redes de áreas marinas

protegidas son un instrumento de ordenación capital, pero deben establecerse en función de otras formas de ordenación de los recursos (como límites a las capturas pesqueras y restricciones a las artes de pesca) y de una ordenación integrada de los océanos y las zonas costeras para controlar las amenazas procedentes de tierra firme, como la contaminación y la sedimentación. Se tiene un *nivel de confianza medio* en que las redes de áreas muy protegidas que forman parte de un marco de ordenación más amplio puedan contribuir a escala local y mundial a la conservación de los arrecifes de coral bajo una presión humana cada vez más intensa (Salm y otros, 2006). A escala local, el control del aporte de nutrientes y sedimentos procedentes de tierra firme es una importante estrategia complementaria de ordenación (Mcleod y otros, 2009), pues el enriquecimiento de nutrientes puede elevar la susceptibilidad de los corales a la decoloración (Wiedenmann y otros, 2013) y los contaminantes costeros enriquecidos con fertilizantes pueden aumentar la acidificación (Kelly y otros, 2011). A largo plazo, la limitación del alcance del calentamiento y la acidificación oceánicos es fundamental para garantizar la viabilidad de los arrecifes de coral y las comunidades que dependen de ellos (*nivel de confianza alto*; secciones 5.2.4.4, 30.5).

## Bibliografía

- Bell, J.D., A. Ganachaud, P.C. Gehrke, S.P. Griffiths, A.J. Hobday, O. Hoegh-Guldberg, J.E. Johnson, R. Le Borgne, P. Lehodey, J.M. Lough, R.J. Matear, T.D. Pickering, M.S. Pratchett, A. Sen Gupta, I. Senina y M. Waycott, 2013:** Mixed responses of tropical Pacific fisheries and aquaculture to climate change. *Nature Climate Change*, 3(6), 591-599.
- Berkelmans, R. y M.J.H. van Oppen, 2006:** The role of zooxanthellae in the thermal tolerance of corals: a 'nugget of hope' for coral reefs in an era of climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1599), 2305-2312.
- Biggs, D., 2011:** Case study: the resilience of the nature-based tourism system on Australia's Great Barrier Reef. Informe preparado por el Departamento de Sostenibilidad, Medio Ambiente, Agua, Población y Comunidades del Gobierno de Australia en nombre del Comité sobre la situación del medio ambiente, 2011, Canberra, 32 págs.
- Billé, R., R. Kelly, A. Biastoch, E. Harrold-Kolrieb, D. Herr, F. Joos, K.J. Kroeker, D. Laffoley, A. Oschlies y J.-P. Gattuso, 2013:** Taking action against ocean acidification: a review of management and policy options. *Environmental Management*, 52, 761-779.
- 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. doi: 10.1371/journal.pone.0000711.
- Burke, L., K. Reytar, M. Spalding y A. Perry, 2011:** *Reefs at risk revisited*. Instituto de Recursos Mundiales, Washington D.C., 114 págs.
- De'ath, G., K.E. Fabricius, H. Sweatman y M. Puotinen, 2012:** The 27-year decline of coral cover on the Great Barrier Reef and its causes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(44), 17995-17999.
- Elvidge, C.D., J.B. Dietz, R. Berkelmans, S. Andréfouët, W. Skirving, A.E. Strong y B.T. Tuttle, 2004:** Satellite observation of Keppel Islands (Great Barrier Reef) 2002 coral bleaching using IKONOS data. *Coral Reefs*, 23(1), 123-132.
- Fabricius, K.E., C. Langdon, S. Uthicke, C. Humphrey, S. Noonan, G. De'ath, R. Okazaki, N. Muehllehner, M.S. Glas y J.M. Lough, 2011:** Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nature Climate Change*, 1(3), 165-169.
- Frieler, K., M. Meinshausen, A. Golly, M. Mengel, K. Lebek, S.D. Donner y O. Hoegh-Guldberg, 2013:** Limiting global warming to 2°C is unlikely to save most coral reefs. *Nature Climate Change*, 3(2), 165-170.
- García, S.M. y I. de Leiva Moreno, 2003:** Global overview of marine fisheries. En: *Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem* [Sinclair, M. y G. Valdimarsson (eds.)]. Wallingford: CABI, págs. 1-24.
- Gardner, T.A., I.M. Côté, J.A. Gill, A. Grant y A.R. Watkinson, 2003:** Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science*, 301(5635), 958-960.
- Gilmour, J.P., L.D. Smith, A.J. Heyward, A.H. Baird y M.S. Pratchett, 2013:** Recovery of an isolated coral reef system following severe disturbance. *Science*, 340(6128), 69-71.
- Glynn, P.W., 1984:** Widespread coral mortality and the 1982-83 El Niño warming event. *Environmental Conservation*, 11(2), 133-146.
- Hoegh-Guldberg, O., 2011:** Coral reef ecosystems and anthropogenic climate change. *Regional Environmental Change*, 11, 215-227.
- , 2012: The adaptation of coral reefs to climate change: Is the Red Queen being outpaced? *Scientia Marina*, 76(2), 403-408.
- 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(5857), 1737-1742.
- Hughes, T.P., 1994:** Catastrophes, phase-shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science*, 265(5178), 1547-1551.
- Jones, A.M., R. Berkelmans, M.J.H. van Oppen, J.C. Mieog y W. Sinclair, 2008:** A community change in the algal endosymbionts of a scleractinian coral following a natural bleaching event: field evidence of acclimatization. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1641), 1359-1365.
- Jones, G.P., M.I. McCormick, M. Srinivasan y J.V. Eagle, 2004:** Coral decline threatens fish biodiversity in marine reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(21), 8251-8253.
- Kelly, R.P., M.M. Foley, W.S. Fisher, R.A. Feely, B.S. Halpern, G.G. Waldbusser y M.R. Caldwell, 2011:** Mitigating local causes of ocean acidification with existing laws. *Science*, 332(6033), 1036-1037.
- Laurans, Y., N. Pascal, T. Binet, L. Brander, E. Clua, G. David, D. Rojat y A. Seidl, 2013:** Economic valuation of ecosystem services from coral reefs in the South Pacific: taking stock of recent experience. *Journal of Environmental Management*, 116, 135-144.
- Logan, C.A., J.P. Dunne, C.M. Eakin y S.D. Donner, 2014:** Incorporating adaptive responses into future projections of coral bleaching. *Global Change Biology*, 20(1), 125-139.
- Lough, J.M., 2000:** 1997-98: Unprecedented thermal stress to coral reefs? *Geophysical Research Letters*, 27(23), 3901-3904.
- McLeod, E., R. Salm, A. Green y J. Almany, 2009:** Designing marine protected area networks to address the impacts of climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(7), 362-370.
- Newton, K., I.M. Côté, G.M. Pilling, S. Jennings y N.K. Dulvy, 2007:** Current and future sustainability of island coral reef fisheries. *Current Biology*, 17(7), 655-658.
- Pascal, N., 2011:** Cost-benefit analysis of community-based marine protected areas: 5 case studies in Vanuatu, South Pacific. Informes de investigación CRISP. CRIOP-E (EPHE/CNRS). Centro de Investigaciones Insulares y Observatorio del Medio Ambiente, Mooréa (Polinesia Francesa), 107 págs.
- Pratchett, M.S., P.L. Munday, S.K. Wilson, N.A.J. Graham, J.E. Cinner, D.R. Bellwood, G.P. Jones, N.V.C. Polunin y T.R. McClanahan, 2008:** Effects of climate-induced coral bleaching on coral-reef fishes - Ecological and economic consequences. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 46, 251-296.
- Przeslawski, R., S. Ahyong, M. Byrne, G. Wörheide y P. Hutchings, 2008:** Beyond corals and fish: the effects of climate change on noncoral benthic invertebrates of tropical reefs. *Global Change Biology*, 14(12), 2773-2795.

- Rau, G.H., E.L. McLeod y O. Hoegh-Guldberg, 2012: The need for new ocean conservation strategies in a high-carbon dioxide world. *Nature Climate Change*, **2**(10), 720-724.
- Salm, R.V., T. Done y E. McLeod, 2006: Marine Protected Area planning in a changing climate. En: *Coastal and Estuarine Studies 61. Coral Reefs and Climate Change: Science and Management*. [Phinney, J.T., O. Hoegh-Guldberg, J. Kleypas, W. Skirving y A. Strong (eds.)]. Unión Geofísica Americana, págs. 207-221.
- Selig, E.R., K.S. Casey y J.F. Bruno, 2012: Temperature-driven coral decline: the role of marine protected areas. *Global Change Biology*, **18**(5), 1561-1570.
- Sheppard, C., D.J. Dixon, M. Gourlay, A. Sheppard y R. Payet, 2005: Coral mortality increases wave energy reaching shores protected by reef flats: Examples from the Seychelles. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **64**(2-3), 223-234.
- Wiedenmann, J., C. D'Angelo, E.G. Smith, A.N. Hunt, F.-E. Legiret, A.D. Postle y E.P. Achterberg, 2013: Nutrient enrichment can increase the susceptibility of reef corals to bleaching. *Nature Climate Change*, **3**(2), 160-164.
- Wild, C., O. Hoegh-Guldberg, M.S. Naumann, M.F. Colombo-Pallotta, M. Ateweberhan, W.K. Fitt, R. Iglesias-Prieto, C. Palmer, J.C. Bythell, J.-C. Ortiz, Y. Loya y R. van Woesik, 2011: Climate change impedes scleractinian corals as primary reef ecosystem engineers. *Marine and Freshwater Research*, **62**(2), 205-215.

**El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:**

Gattuso, J.-P., O. Hoegh-Guldberg y H.-O. Pörtner, 2014: Recuadro multicapítulos sobre arrecifes de coral. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs. 105-109 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).



# Enfoques de adaptación basados en el ecosistema — nuevas oportunidades

Rebecca Shaw (Estados Unidos de América), Jonathan Overpeck (Estados Unidos de América), Guy Midgley (Sudáfrica)

La adaptación basada en el ecosistema, entendida como el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en tanto que parte de una estrategia general de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático (Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), 2009), incorpora el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en las estrategias de adaptación al cambio climático (p. ej., CDB, 2009; Munroe y otros, 2011; véanse IPCC IE5 GTII capítulos 3, 4, 5, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 19, 22, 25, y 27). Este enfoque se aplica mediante una ordenación sostenible de los recursos naturales y la conservación y restauración de los ecosistemas con el objeto de prestar y mantener servicios que faciliten la adaptación a la variabilidad del clima y el cambio climático (Colls y otros, 2009). También va dirigido a tener en cuenta los múltiples cobeneficios sociales, económicos y culturales percibidos por las comunidades locales (décima Conferencia de las Partes en el CDB, decisión X/33).

La adaptación basada en el ecosistema también puede combinarse con el uso de infraestructura de ingeniería u otros enfoques tecnológicos o incluso emplearse con carácter sustitutorio. Las estructuras de protección artificial, como presas, rompeolas y diques, afectan negativamente a la biodiversidad, lo cual puede generar maladaptaciones debidas a los daños sufridos por los servicios que regulan el ecosistema (Campbell y otros, 2009; Munroe y otros, 2011). Existe cierta evidencia de que la restauración y el uso de servicios ecosistémicos pueden reducir o retrasar la necesidad de estas soluciones de ingeniería (CDB, 2009). La adaptación basada en el ecosistema presenta menor riesgo de maladaptación que las soluciones de ingeniería en el sentido de que su aplicación resulta más flexible y atiende mejor los cambios ambientales imprevistos. Una adaptación basada en el ecosistema que esté bien integrada puede resultar más económica y sostenible que los enfoques de ingeniería física no integrados (Jones y otros, 2012), y puede contribuir al logro de objetivos de desarrollo sostenible (como reducción de la pobreza, ordenación sostenible del medio ambiente e incluso objetivos de mitigación), especialmente cuando se combina con enfoques adecuados de ordenación de los ecosistemas (CDB, 2009). Además, reporta cobeneficios económicos, sociales y ambientales en forma de bienes y servicios del ecosistema (Banco Mundial, 2009).

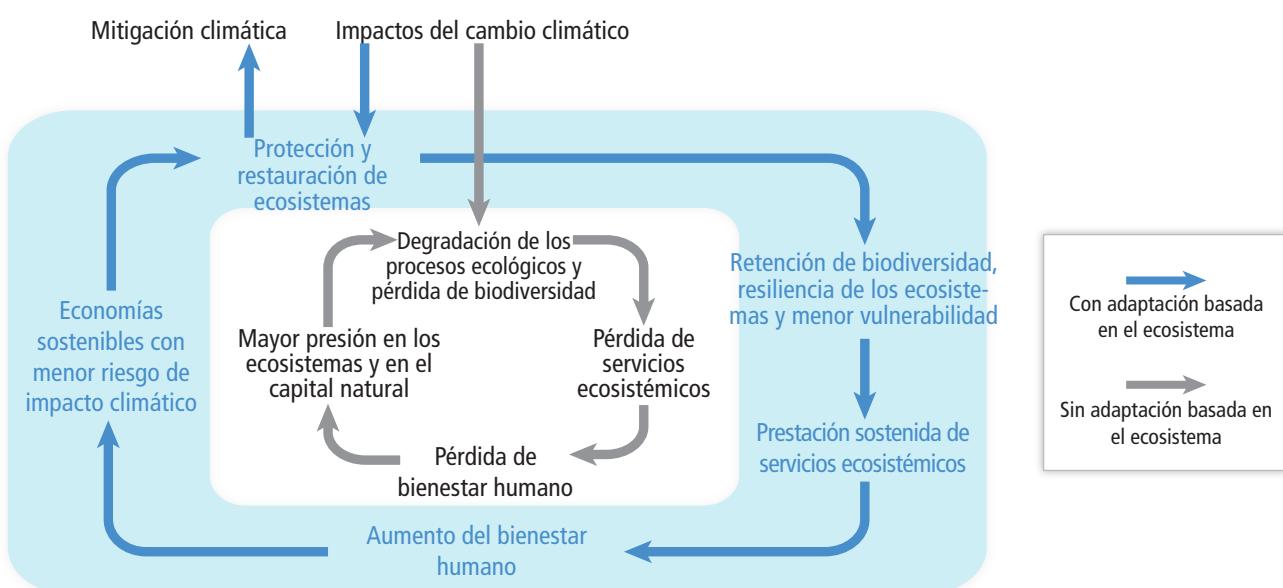
La adaptación basada en el ecosistema puede aplicarse en países desarrollados y en desarrollo. En los países en desarrollo cuyas economías dependen de forma más directa de la prestación de servicios ecosistémicos (Vignola y otros, 2009), este enfoque puede resultar muy útil para reducir los riesgos de los impactos del cambio climático y asegurar que el desarrollo avance por trayectorias que sean resilientes al cambio climático (Munang y otros, 2013). Los proyectos de adaptación basada en el ecosistema pueden elaborarse a partir de mejoras en las iniciativas

existentes, como enfoques de adaptación y ordenación de los recursos naturales con base comunitaria (p. ej., Khan y otros, 2012, Midgley y otros, 2012; Roberts y otros, 2012).

Cabe mencionar los siguientes ejemplos de enfoques de adaptación basados en el ecosistema:

- Ordenación sostenible del agua, en el marco de la cual se ordenan o restauran cuencas fluviales, acuíferos, llanuras aluviales y su correspondiente vegetación para disponer de un almacenamiento de aguas resiliente y se obtienen mejoras en los interflujos, la regulación de crecidas y los servicios de protección, reducciones de las tasas de erosión y sedimentación y más bienes ecosistémicos (p. ej., Opperman y otros, 2009; Midgley y otros, 2012).
- Reducción del riesgo de desastre mediante la restauración de hábitats costeros (p. ej., manglares, humedales y deltas) como medida eficaz frente a las mareas meteorológicas, la intrusión salina y la erosión costera (Jonkman y otros, 2013).
- Ordenación sostenible de las praderas y pastos para mejorar los medios de subsistencia de pastoreo y aumentar la resiliencia ante las sequías e inundaciones.
- Establecimiento de sistemas agrícolas diversos y resilientes y adaptación de combinaciones de variedades agrícolas y ganaderas para garantizar el suministro de alimentos. Los conocimientos tradicionales pueden contribuir a ello, por ejemplo mediante la determinación de la diversidad genética agrícola y ganadera autóctona y técnicas de conservación de agua.
- Gestión de los ecosistemas propensos a incendios para implantar regímenes más seguros al tiempo que se garantiza el mantenimiento de los procesos naturales.

Como ocurre con otros enfoques, la aplicación de la adaptación basada en el ecosistema no está exenta de riesgos; las evaluaciones de los riesgos y beneficios permitirán determinar mejor las oportunidades que ofrece el enfoque (CDB, 2009). Los ejemplos de adaptación basada en el ecosistema son demasiado escasos y recientes para poder evaluar en el momento actual los riesgos o beneficios en toda su extensión. El concepto de adaptación basada en el ecosistema todavía está evolucionando, pero debe plantearse frente a otras opciones de adaptación que se basan más en obras de ingeniería o en el cambio social; también deben tenerse en cuenta los casos nuevos o en curso para ir entendiendo mejor cuándo y dónde procede decantarse por este enfoque.



**Figura EA-1 |** Adaptada de Munang y otros (2013). La adaptación basada en el ecosistema aprovecha la capacidad de la naturaleza de proteger los sistemas humanos de los impactos adversos del cambio climático. En su ausencia, el cambio climático puede provocar la degradación de procesos ecológicos (zona interior blanca), con la consiguiente merma en el bienestar humano. La aplicación de la adaptación basada en el ecosistema (franja exterior azul) puede reducir o contrarrestar estos impactos adversos generando un ciclo virtuoso que reduce los riesgos derivados del clima para las comunidades humanas, y puede aportar beneficios en forma de mitigación.

## Bibliografía

- Campbell, A., V. Kapos, J. Scharlemann, P. Bubb, A. Chenery, L. Coad, B. Dickson, N. Doswald, M. Khan, F. Kershaw, y M. Rashid, 2009: *Review of the Literature on the Links between Biodiversity and Climate Change: Impacts, Adaptation and Mitigation*.** Serie técnica del CDB Nº 42, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal, Quebec (Canadá), 124 págs.
- Colls, A., N. Ash, y N. Ikkala, 2009: *Ecosystem-Based Adaptation: A Natural Response to Climate Change*.** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus Recursos (IUCN), Gland (Suiza), 16 págs.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2009: *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*.** Serie técnica del CDB Nº 41, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal, Quebec (Canadá), 126 págs.
- Jones, H.P., D.G. Hole, y E.S. Zavaleta, 2012: Harnessing nature to help people adapt to climate change.** *Nature Climate Change*, 2(7), 504-509.
- Jonkman, S.N., M.M. Hillen, R.J. Nicholls, W. Kanning, y M. van Ledden, 2013: Costs of adapting coastal defences to sea-level rise – new estimates and their implications.** *Journal of Coastal Research*, 29(5), 1212-1226.
- Khan, A.S., A. Ramachandran, N. Usha, S. Punitha y V. Selvam, 2012: Predicted impact of the sea-level rise at Vellar-Coleroon estuarine region of Tamil Nadu coast in India: mainstreaming adaptation as a coastal zone management option.** *Ocean & Coastal Management*, 69, 327-339.
- Midgley, G.F., S. Marais, M. Barnett, y K. Wågsæther, 2012: *Biodiversity, Climate Change and Sustainable Development – Harnessing Synergies and Celebrating Successes*.** Final Technical Report, The Adaptation Network Secretariat, hosted by Indigo Development & Change and The Environmental Monitoring Group, Nieuwoudtville, South Africa. 70 págs.
- 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.
- Munroe, R., N. Doswald, D. Roe, H. Reid, A. Giuliani, I. Castelli e I. Moller, 2011: *Does EbA Work? A Review of the Evidence on the Effectiveness of Ecosystem-Based Approaches to Adaptation*.** Investigación conjunta de BirdLife International, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Centro Mundial de Vigilancia de la Conservación y la Universidad de Cambridge (Cambridge, Reino Unido) y el Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo (IIED), Londres (Reino Unido), 4 págs.
- Opperman, J.J., G.E. Galloway, J. Fargione, J.F. Mount, B.D. Richter, y S. Secchi, 2009: Sustainable floodplains through large-scale reconnection to rivers.** *Science*, 326(5959), 1487-1488.
- Roberts, D., R. Boon, N. Diederichs, E. Douwes, N. Govender, A. McInnes, C. McLean, S. O'Donoghue, y M. Spires, 2012: Exploring ecosystem-based adaptation in Durban, South Africa: "learning-by-doing" at the local government coal face.** *Environment and Urbanization*, 24(1), 167-195.
- Vignola, R., B. Locatelli, C. Martinez, y P. Imbach, 2009: Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policymakers, society and scientists?** *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(8), 691-696.

El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:

**Shaw, M.R., J.T. Overpeck, y G.F. Midgley, 2014: Recuadro multicapítulos sobre enfoques de adaptación basados en el ecosistema — nuevas oportunidades. En: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.111-113 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).**



## Género y cambio climático

Katharine Vincent (Sudáfrica), Petra Tschakert (Estados Unidos de América), Jon Barnett (Australia), Marta G. Rivera-Ferre (España), Alistair Woodward (Nueva Zelanda)

El género, junto con factores sociodemográficos vinculados con la edad, la condición económica y la clase, incide de forma decisiva en la experiencia del cambio climático. Los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad presentan notables dimensiones de género. La cuestión se planteó en la contribución del Grupo de trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación (GTII IE4) y el *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático* (Informe SREX) (Adger y otros, 2007; IPCC, 2012), pero en el Quinto Informe de Evaluación (IE5) se presentan nuevas constataciones de relieve basadas en múltiples líneas de evidencia de la diferenciación del cambio climático en función del género y de la manera en que el cambio climático contribuye a perpetuar la desigualdad de género reinante. Se han emprendido nuevas investigaciones de este tipo en todas las regiones del mundo (p. ej., Brouwer y otros, 2007; Buechler, 2009; Nelson y Stathers, 2009; Nightingale, 2009; Dankelman, 2010; MacGregor, 2010; Alston, 2011; Arora-Jonsson, 2011; Omolo, 2011; Resureccion, 2011).

Las dimensiones de la vulnerabilidad relacionadas con el género se derivan de las diferencias de acceso a los recursos sociales y ambientales necesarios para la adaptación. En muchas economías rurales y sistemas de subsistencia basados en recursos es habitual que las mujeres tengan menos acceso que los hombres a recursos financieros, tierras, educación, salud y otros derechos básicos. La desigualdad de género también deriva de la exclusión social con respecto a los procesos decisarios y los mercados de trabajo, lo que resta a las mujeres, en particular, capacidad de hacer frente a los impactos del cambio climático y adaptarse a él (Paavola, 2008; Djoudi y Brockhaus, 2011; Rijkers y Costa, 2012). Esta desigualdad se manifiesta en impactos en los medios de subsistencia debidos al género y en la feminización de las responsabilidades: mientras que aumentan las funciones productivas tanto de hombres como de mujeres, las funciones reproductivas solo aumentan en el caso de las mujeres (Resureccion, 2011; sección 9.3.5.1.5, recuadro 13-1). En un estudio realizado en Australia, por ejemplo, se comprobó que la creciente regularidad de las sequías ha empujado más a las mujeres a generar ingresos no agrícolas y contribuir a las labores agrícolas (Alston, 2011). Según estudios realizados en Tanzania y Malawi, las mujeres padecen inseguridad alimentaria y nutricional en la medida en que los alimentos se distribuyen preferentemente entre otros miembros de la familia (Nelson y Stathers, 2009; Kakota y otros, 2011).

En el Cuarto Informe de Evaluación se examinaron diversos estudios dedicados a la mayor vulnerabilidad relativa de las mujeres ante desastres meteorológicos en lo que respecta al número de muertes (Adger y otros, 2007). En estudios publicados posteriormente se añaden matices, al demostrar la manera en que las diferencias de género dictadas por la sociedad determinan la exposición a episodios extremos, con lo cual se producen diferencias en la

mortalidad de los hombres y de las mujeres (*nivel de confianza alto*; sección 11.3.3, cuadro 12-3). Según datos estadísticos de las pautas de mortalidad masculina y femenina debidas a episodios extremos registrados en 141 países de 1981 a 2002, los desastres matan a las mujeres a edades más tempranas que a los hombres (Neumayer y Plümper, 2007; véase también el recuadro 13-1). Las diferencias de mortalidad por motivos de género tienen su origen en diversos roles determinados por factores sociales y culturales. Por ejemplo, en estudios realizados en Bangladesh se observó que las mujeres no aprendían a nadar, por lo que eran vulnerables en caso de inundación (Röhr, 2006) y que, en Nicaragua, los roles condicionados por el género obligaban a las mujeres de clase media a quedarse en casa, incluso durante las crecidas y en zonas donde el riesgo de crecidas era alto (Bradshaw, 2010). Aunque hace tiempo que se conoce la diferencia de vulnerabilidad de las mujeres a los episodios extremos, cada vez es mayor la evidencia de la manera en que los roles de género correspondientes a los hombres también pueden afectar a su vulnerabilidad. En particular, a menudo se espera que los hombres sean valientes y heroicos y exhiban comportamientos arriesgados con el objeto de salvar vidas humanas, lo cual eleva sus probabilidades de mortalidad (recuadro 13-1). En el distrito de Hai Lang (Viet Nam), por ejemplo, murieron más hombres que mujeres al participar en tareas de búsqueda y rescate, así como en la protección de los terrenos durante las inundaciones (Campbell y otros, 2009). Es más probable que las mujeres y las niñas sean víctimas de violencia doméstica después de un desastre, en particular cuando ocupan viviendas de emergencia, según ha quedado documentado en Estados Unidos y en Australia (Jenkins y Phillips, 2008; Anastasio y otros, 2009; Alston, 2011; Whittenbury, 2013; véase también el recuadro 13-1).

El estrés debido al calor presenta diferencias de género derivadas de factores fisiológicos y sociales (sección 11.3.3). En la mayoría de los estudios realizados en países europeos se observa que las mujeres corren más riesgo, aunque su vulnerabilidad fisiológica, por lo general más alta, se pueda compensar en algunas circunstancias por una vulnerabilidad social relativamente inferior (p. ej., si forman parte de redes sociales que les presten apoyo). Durante la ola de calor de París, los hombres solteros corrían mayor peligro que las mujeres solteras; en Chicago corrían mayor peligro los hombres de edad, presuntamente al no formar parte de redes de apoyo social, con lo que aumentó su vulnerabilidad social (Kovats y Hajat, 2008). En un estudio realizado en varias ciudades se observaron variaciones geográficas en la relación entre sexo y mortalidad causada por estrés debido al calor: en Ciudad de México las mujeres corrían mayor peligro de mortalidad que los hombres, situación opuesta a la registrada en Santiago y São Paulo (Bell y otros, 2008).

El reconocimiento de las diferencias de género en cuanto a vulnerabilidad y adaptación puede facilitar organizar respuestas que incorporen la dimensión de género y reduzcan la vulnerabilidad de mujeres y hombres (Alston, 2013). En las evaluaciones de las inversiones en adaptación se observa que los enfoques que no tienen en cuenta la dimensión de género y otros factores de desigualdad social corren peligro de consolidar las vulnerabilidades existentes (Vincent y otros, 2010; Arora-Jonsson, 2011; Figueiredo y Perkins, 2012). Las intervenciones de apoyo gubernamental encaminadas a mejorar la producción mediante cultivos comerciales y empresas no agrícolas en las economías rurales, por ejemplo, suelen favorecer más a los hombres que a las mujeres porque la generación de efectivo se considera actividad masculina en las zonas rurales (Gladwin y otros, 2001; véase también la sección 13.3.1). En cambio, las iniciativas de adaptación basadas en agua de lluvia o en la conservación pueden exigir más mano de obra que, tal vez, las mujeres no puedan permitirse aportar (Baiphethi y otros, 2008). El fomento del acceso a la educación en condiciones de igualdad de género y el fortalecimiento del capital social se cuentan entre los mejores medios para mejorar la adaptación de agricultoras de las zonas rurales (Goulden y otros, 2009; Vincent y otros, 2010; Below y otros, 2012) y pueden servir de complemento a las iniciativas en curso mencionadas que favorecen a los hombres. Los enfoques de desarrollo basados en derechos pueden servir de base a la labor de adaptación, al centrarse en la manera en que las prácticas institucionales determinan el acceso a los recursos y el control de los procesos decisarios, en particular mediante la construcción social del concepto de género y su combinación con otros factores que determinan las desigualdades y vulnerabilidades (Tschakert y Machado, 2012; Bee y otros, 2013; Tschakert, 2013; véanse también la sección 22.4.3 y el cuadro 22-5).

## 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:** Capítulo 17: 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 (ed.)]. IPCC, Ginebra (Suiza), págs. 719-743.
- Alston, M., 2011:** Gender and climate change in Australia. *Journal of Sociology*, **47**(1), 53-70.
- , 2013: Women and adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, **(4)**5, 351-358.
- Anastasio, M., N. Shebab, y L. Lawry, 2009:** Increased gender-based violence among women internally displaced in Mississippi 2 years post-Hurricane Katrina. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, **3**(1), 18-26.
- Arora-Jonsson, S., 2011:** Virtue and vulnerability: discourses on women, gender and climate change. *Global Environmental Change*, **21**, 744-751.
- Baiphethi, M.N., M. Viljoen, y G. Kundhlané, 2008:** Rural women and rainwater harvesting and conservation practices: anecdotal evidence from the Free State and Eastern Cape. *Agenda*, **22**(78), 163-171.
- Bee, B., M. Biermann, y P. Tschakert, 2013:** Gender, development, and rights-based approaches: lessons for climate change adaptation and adaptive social protection. En: *Research, Action and Policy: Addressing the Gendered Impacts of Climate Change* [Alston, M. y K. Whittenbury (eds.)]. Springer, Dordrecht, (Países Bajos), págs. 95-108.
- Bell, M.L., M.S. O'Neill, N. Ranjit, V.H. Borja-Aburto, L.A. Cifuentes, y N.C. Gouveia, 2008:** Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in São Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *International Journal of Epidemiology*, **37**(4), 796-804.

- Below**, T.B., K.D. Mutabazi, D. Kirschke, C. Franke, S. Sieber, R. Siebert, y K. Tscherning, 2012: Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Global Environmental Change*, 22(1), 223-235.
- Bradshaw**, S., 2010: Women, poverty, and disasters: exploring the links through Hurricane Mitch in Nicaragua. En: The International Handbook of Gender and Poverty: Concepts, Research, Policy [Chant, S. (ed.)]. Edward Elgar Publishing, Cheltenham (Reino Unido), págs. 627-632.
- Brouwer**, R., S. Akter, L. Brander, y E. Haque, 2007: Socioeconomic vulnerability and adaptation to environmental risk: a case study of climate change and flooding in Bangladesh. *Risk Analysis*, 27(2), 313-326.
- Campbell**, B., S. Mitchell, y M. Blackett, 2009: *Responding to Climate Change in Vietnam. Opportunities for Improving Gender Equality*. Documento de debate sobre políticas, Oxfam Viet Nam y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-Viet Nam (PNUD-Viet Nam), Ha noi (Viet Nam), 62 págs.
- Dankelman**, I., 2010: Introduction: exploring gender, environment, and climate change. En: *Gender and Climate Change: An Introduction* [Dankelman, I. (ed.)]. Earthscan, Londres (Reino Unido) y Washington, DC (Estados Unidos de América), págs. 1-18.
- Djoudi**, H. y M. Brockhaus, 2011: Is adaptation to climate change gender neutral? Lessons from communities dependent on livestock and forests in northern Mali. *International Forestry Review*, 13(2), 123-135.
- Figueiredo**, P. y P.E. Perkins, 2012: Women and water management in times of climate change: participatory and inclusive processes. *Journal of Cleaner Production*, 60(1), 188-194.
- Gladwin**, C.H., A.M. Thomson, J.S. Peterson, y A.S. Anderson, 2001: Addressing food security in Africa via multiple livelihood strategies of women farmers. *Food Policy*, 26(2), 177-207.
- Goulden**, M., L.O. Naess, K. Vincent, y W.N. Adger, 2009: Diversification, networks and traditional resource management as adaptations to climate extremes in rural Africa: opportunities and barriers. En: *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values and Governance* [Adger, W.N., I. Lorenzoni, y K. O'Brien (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido), págs. 448-464.
- 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 (Reino Unido) y Nueva York, NY (Estados Unidos de América), 582 págs.
- Jenkins**, P. y B. Phillips, 2008: Battered women, catastrophe, and the context of safety after Hurricane Katrina. *NWSA Journal*, 20(3), 49-68.
- Kakota**, T., D. Nyariki, D. Mkambisi, y W. Kogi-Makau, 2011: Gender vulnerability to climate variability and household food insecurity. *Climate and Development*, 3(4), 298-309.
- Kovats**, R. y S. Hajat, 2008: Heat stress and public health: a critical review. *Public Health*, 29, 41-55.
- MacGregor**, S., 2010: 'Gender and climate change': from impacts to discourses. *Journal of the Indian Ocean Region*, 6(2), 223-238.
- Nelson**, V. y T. Stathers, 2009: Resilience, power, culture, and climate: a case study from semi-arid Tanzania, and new research directions. *Gender & Development*, 17(1), 81-94.
- Neumayer**, E. y T. Plümper, 2007: The gendered nature of natural disasters: the impact of catastrophic events on the gender gap in life expectancy, 1981-2002. *Annals of the Association of American Geographers*, 97(3), 551-566.
- Nightingale**, A., 2009: Warming up the climate change debate: a challenge to policy based on adaptation. *Journal of Forest and Livelihood*, 8(1), 84-89.
- Omolo**, N., 2011: Gender and climate change-induced conflict in pastoral communities: case study of Turkana in northwestern Kenya. *African Journal on Conflict Resolution*, 10(2), 81-102.
- Paavola**, J., 2008: Livelihoods, vulnerability and adaptation to climate change in Morogoro, Tanzania. *Environmental Science & Policy*, 11(7), 642-654.
- Resurrección**, B.P., 2011: *The Gender and Climate Debate: More of the Same or New Pathways of Thinking and Doing?* Asia Security Initiative Policy Series, Working Paper No. 10, RSIS Centre for Non-Traditional Security (NTS) Studies, Singapur, 19 págs.
- Rijkers**, B. y R. Costa, 2012: *Gender and Rural Non-Farm Entrepreneurship*. Policy Research Working Paper 6066, Equipo de Macroeconomía y Crecimiento, Grupo de investigaciones sobre el desarrollo, Banco Mundial, Washington, DC (Estados Unidos de América), 68 págs.
- Röhr**, U., 2006: Gender and climate change. *Tiempo*, 59, 3-7.
- Tschakert**, P., 2013: From impacts to embodied experiences: tracing political ecology in climate change research. *Geografisk Tidsskrift/Danish Journal of Geography*, 112(2), 144-158.
- Tschakert**, P. y M. Machado, 2012: Gender justice and rights in climate change adaptation: opportunities and pitfalls. *Ethics and Social Welfare*, 6(3), 275-289, doi: 10.1080/17496535.2012.704929.
- Vincent**, K., T. Cull, y E. Archer, 2010: Gendered vulnerability to climate change in Limpopo province, South Africa. En: *Gender and Climate Change: An Introduction* [Dankelman, I. (ed.)]. Earthscan, Londres (Reino Unido) y Washington, DC (Estados Unidos de América), págs. 160-167.
- Whittenbury**, K., 2013: Climate change, women's health, wellbeing and experiences of gender-based violence in Australia. En: *Research, Action and Policy: Addressing the Gendered Impacts of Climate Change* [Alston, M. y K. Whittenbury (eds.)]. Springer Science, Dordrecht (Países Bajos), págs. 207-222.

**El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:**

**K.E. Vincent**, P. Tschakert, Barnett, J., M.G. Rivera-Ferre, y A. Woodward, 2014: Recuadro multicapítulos sobre género y cambio climático. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs. 115-117 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).



# Estrés por calor y olas de calor

Lennart Olsson (Suecia), Dave Chadee (Trinidad y Tabago), Ove Hoegh-Guldberg (Australia), Michael Oppenheimer (Estados Unidos de América), John Porter (Dinamarca), Hans-O. Pörtner (Alemania), David Satterthwaite (Reino Unido), Kirk R. Smith (Estados Unidos de América), Maria Isabel Travasso (Argentina), Petra Tschakert (Estados Unidos de América)

Según el Grupo de trabajo I (GTI), es muy probable que el número y la intensidad de los días calurosos hayan aumentado notablemente en los últimos tres decenios y es *prácticamente seguro* que este aumento proseguirá hasta fines del siglo XXI. Además, es *probable (nivel de confianza medio)* que la incidencia de olas de calor (varios días seguidos de calor) haya superado en algunos lugares el doble de las cifras anteriores, pero es *muy probable* que las olas de calor sean más frecuentes en la mayoría de las zonas continentales a partir de mitad del siglo. Bajo un escenario de calentamiento medio, Coumou y otros (2013) predijeron que el número de registros mensuales de calor será más de 12 veces más habitual para la década de 2040 en comparación con lo que sería en un mundo no sujeto a calentamiento. A más largo plazo, si la temperatura media global aumenta 7 °C o más, correrá peligro la habitabilidad de partes de los trópicos y latitudes medias (Sherwood y Huber, 2010). Las olas de calor afectan directamente a los sistemas naturales y humanos, lo cual a menudo comporta grandes pérdidas de vidas y bienes, y pueden desencadenar puntos críticos (Hughes y otros, 2013). En consecuencia, el estrés por calor contribuye de forma destacada a varios riesgos fundamentales consignados en el capítulo 19 y en el recuadro multicapítulos sobre riesgos clave (CC-RC).

## Economía y sociedad (capítulos 10, 11, 12, 13)

El estrés por calor ambiental ya ha reducido la capacidad laboral mundial a un 90% en los meses punta, y está previsto que para 2050 haya disminuido más, hasta el 80%, en esos mismos meses. Aceptando una hipótesis de calentamiento alto (RCP8,5), está previsto que para 2200 la capacidad laboral sea inferior al 40% de la existente con las condiciones actuales en meses punta (Dunne y otros, 2013). Los costos de adaptación necesarios para garantizar la capacidad de enfriamiento y refugios de emergencia durante olas de calor serán cuantiosos.

Las olas de calor guardan relación con alteraciones sociales, como un aumento de la violencia (Anderson, 2012), y con trastornos generales de la salud y psicológicos, así como con un escaso grado de satisfacción personal (Tawatsupa y otros, 2012). Se observan grandes diferencias en los impactos, que resultan desproporcionadamente onerosos para la población pobre, de edad y marginada (Wilhelmi y otros, 2012). Está previsto que las zonas urbanas sufren más a causa de la combinación del clima y el efecto de isla de calor urbana (Fischer y otros, 2012; véase también la sección 8.2.3.1). En los países de ingresos bajos y medianos la adaptación al estrés por calor resulta muy limitada para la mayoría de la población pobre, en particular para quienes trabajan al aire libre en el sector de la agricultura, la pesca o la construcción. En la agricultura a pequeña escala las mujeres y los niños corren especial riesgo como consecuencia de la división del trabajo

en función del género (Croppenstedt y otros, 2013). El aumento previsto de los incendios forestales a causa de olas de calor (Pechony y Shindell, 2010) plantea problemas a la seguridad humana, la salud y los ecosistemas. Se estima que la contaminación del aire debida a incendios forestales ya causa 339 000 fallecimientos prematuros al año en todo el mundo (Johnston y otros, 2012).

### **Salud humana (capítulo 11)**

La morbilidad y la mortalidad derivadas del estrés por calor son ya habituales en todo el planeta (Barriopedro y otros, 2011; Nitschke y otros, 2011; Rahmstorf y Coumou, 2011; Diboulo y otros, 2012; Hansen y otros, 2012). La población de edad y las personas con trastornos circulatorios y respiratorios también son vulnerables, incluso en países desarrollados; estas personas pueden convertirse en víctimas sin siquiera salir de casa (Honda y otros, 2011). Quienes ejercen trabajo físico corren especial riesgo, pues en el ejercicio de ese trabajo se generan en el cuerpo cantidades considerables de calor que no pueden liberarse si la temperatura y la humedad externas superan determinados límites (Kjellstrom y otros, 2009). El riesgo de cáncer de piel no melanocítico por exposición a la radiación ultravioleta durante los meses de verano aumenta a la par que la temperatura (van der Leun y otros, 2008). Las temperaturas altas también se vinculan con una mayor presencia de alérgenos transportados por el aire que desencadenan enfermedades respiratorias, como asma, rinitis alérgica, conjuntivitis y dermatitis (Beggs, 2010).

### **Ecosistemas (capítulos 4, 5, 6, 30)**

La mortalidad de árboles, que va en aumento a escala mundial (Williams y otros, 2013), puede vincularse con impactos climáticos, especialmente con el calor y la sequía (Reichstein y otros, 2013), aunque la atribución de fenómenos al cambio climático es difícil por la falta de series cronológicas y por factores que dificultan la interpretación. En la región del Mediterráneo se prevé un mayor riesgo de incendios, junto con un alargamiento de la temporada de incendios y una mayor frecuencia de incendios grandes y de alta severidad, como consecuencia del incremento de las olas de calor combinadas con sequías (Dugay y otros, 2013; véase también el recuadro 4.2).

Los cambios en los ecosistemas marinos debidos al cambio climático se deben a menudo a temperaturas extremas y no a variaciones en la temperatura media (Pörtner y Knust, 2007). Durante la exposición al calor en zonas próximas a los límites biogeográficos, incluso pequeñas variaciones de las temperaturas extremas ( $<0,5^{\circ}\text{C}$ ) pueden tener grandes efectos, a menudo agravados por la exposición concomitante a hipoxia o a niveles altos de  $\text{CO}_2$  y a la acidificación conexa (*nivel de confianza medio*; Hoegh-Guldberg y otros, 2007; véanse también la figura 6-5; las secciones 6.3.1, 6.3.5, 30.4, 30.5; y el recuadro CC-BM).

La mayoría de los arrecifes de coral han sufrido un alto nivel de estrés térmico, suficiente para causar en los últimos 30 años fenómenos masivos de decoloración, a menudo seguidos por fenómenos de mortandad en masa (Baker y otros, 2008). La combinación de la acidificación con el calentamiento intensifica la decoloración y la mortandad de los corales (*nivel de confianza muy alto*). Los ecosistemas de las praderas y algas marinas de aguas templadas se resentirán a raíz de la mayor frecuencia de las olas de calor y de los impactos de especies subtropicales invasoras (*nivel de confianza alto*; secciones 5, 6, 30.4, 30.5, CC-AC, CC-BM).

### **Agricultura (capítulo 7)**

El calor excesivo interactúa con importantes procesos fisiológicos de los cultivos. Están previstos, incluso en entornos frescos, impactos negativos en el rendimiento de todos los cultivos a partir de los  $3^{\circ}\text{C}$  de calentamiento local sin adaptación, aunque se perciban beneficios en forma de un mayor grado de  $\text{CO}_2$  y pluviosidad (Teixeira y otros, 2013). En los sistemas tropicales en los que la humedad disponible o el calor extremo limitan la estación de cultivo es muy probable que disminuya la duración de esta, así como la idoneidad para el cultivo (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*; Jones y Thornton, 2009). Por ejemplo, la mitad de la zona de las llanuras indogangéticas donde se cultiva trigo podría sufrir un alto grado de estrés por calor para la década de 2050.

Existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que las altas temperaturas reducen las tasas de alimentación y crecimiento de los animales (Thornton y otros, 2009). El estrés por calor reduce las tasas de reproducción del ganado (Hansen, 2009), merma su rendimiento global (Henry y otros, 2012) y puede provocar la mortalidad en masa de animales en los cebaderos durante las olas de calor (Polley y otros, 2013). En Estados Unidos las actuales pérdidas económicas derivadas del estrés por calor se estiman en varios miles de millones anuales de dólares (St-Pierre y otros, 2003).

## **Bibliografía**

- Anderson, C.A., 2012: Climate change and violence. En: *The Encyclopedia of Peace Psychology* [Christie, D.J. (ed.)]. John Wiley & Sons/Blackwell, Chichester (Reino Unido), págs. 128-132.
- 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**(4), 435-471.
- Barriopedro, D., E.M. Fischer, J. Luterbacher, R.M. Trigo, y R. García-Herrera, 2011: The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, **332**(6026), 220-224.
- Beggs, P.J., 2010: Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **7**(8), 3006-3021.
- Coumou, D., A. Robinson, y S. Rahmstorf, 2013: Global increase in record-breaking monthly-mean temperatures. *Climatic Change*, **118**(3-4), 771-782.

- Croppenstedt**, A., M. Goldstein, y N. Rosas, 2013: Gender and agriculture: inefficiencies, segregation, and low productivity traps. *The World Bank Research Observer*, 28(1), 79-109.
- Diboulo**, E., A. Sie, J. Rocklöv, L. Niamba, M. Ye, C. Bagagnan, y R. Sauerborn, 2012: Weather and mortality: a 10 year retrospective analysis of the Nouna Health and Demographic Surveillance System, Burkina Faso. *Global Health Action*, 5, 19078, doi:10.3402/gha.v5i0.19078.
- Duguy**, B., S. Paula, J.G. Pausas, J.A. Alloza, T. Gimeno, y R.V. Vallejo, 2013: Effects of climate and extreme events on wildfire regime and their ecological impacts. En: *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean, Volume 3: Case Studies* [Navarra, A. y L. Tubiana (eds.)]. Advances in Global Change Research Series: Vol. 52, Springer, Dordrecht (Países Bajos), págs. 101-134.
- Dunne**, J.P., R.J. Stouffer, y J.G. John, 2013: Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change*, 3, 563-566.
- Fischer**, E., K. Oleson, y D. Lawrence, 2012: Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change. *Geophysical Research Letters*, 39(3), L03705, doi:10.1029/2011GL050576.
- Hansen**, J., M. Sato, y R. Ruedy, 2012: Perception of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(37), E2415-E2423.
- Hansen**, P.J., 2009: Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364(1534), 3341-3350.
- Henry**, B., R. Eckard, J.B. Gaughan, y R. Hegarty, 2012: Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop and Pasture Science*, 63(3), 191-202.
- Hoegh-Guldberg**, O., P. Mumby, A. Hooten, R. Steneck, P. Greenfield, E. Gomez, C. Harvell, P. Sale, A. Edwards, y K. Caldeira, 2007: Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318(5857), 1737-1742.
- Honda**, Y., M. Ono, y K.L. Ebihara, 2011: Adaptation to the heat-related health impact of climate change in Japan. En: *Climate Change Adaptation in Developed Nations: From Theory to Practice* [Ford, J.D. y L. Berrang-Ford (eds.)]. Springer, Dordrecht, (Países Bajos), págs. 189-203.
- Hughes**, T.P., S. Carpenter, J. Rockström, M. Scheffer, y B. Walker, 2013: Multiscale regime shifts and planetary boundaries. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(7), 389- 395.
- Johnston**, F.H., S.B. Henderson, Y. Chen, J.T. Randerson, M. Marlier, R.S. DeFries, P. Kinney, D.M. Bowman, y M. Brauer, 2012: Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environmental Health Perspectives*, 120(5), 695-701.
- Jones**, P.G. y P.K. Thornton, 2009: Croppers to livestock keepers: livelihood transitions to 2050 in Africa due to climate change. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 427-437.
- Kjellstrom**, T., R. Kovats, S. Lloyd, T. Holt, y R. Tol, 2009: The direct impact of climate change on regional labor productivity. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 64(4), 217-227.
- Nitschke**, M., G.R. Tucker, A.L. Hansen, S. Williams, Y. Zhang, y P. Bi, 2011: Impact of two recent extreme heat episodes on morbidity and mortality in Adelaide, South Australia: a case-series analysis. *Environmental Health*, 10, 42, doi: 10.1186/1476-069X-10-42.
- Pechony**, O. y D. Shindell, 2010: Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(45), 19167-19170.
- Polley**, H.W., D.D. Briske, J.A. Morgan, K. Wolter, D.W. Bailey, y J.R. Brown, 2013: Climate change and North American rangelands: trends, projections, and implications. *Rangeland Ecology & Management*, 66(5), 493-511.
- Pörtner**, H.O. y R. Knust, 2007: Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. *Science*, 315(5808), 95-97.
- Rahmstorf**, S. y D. Coumou, 2011: Increase of extreme events in a warming world. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(44), 17905-17909.
- Reichstein**, M., M. Bahn, P. Ciais, D. Frank, M.D. Mahecha, S.I. Seneviratne, J. Zscheischler, C. Beer, N. Buchmann, y D.C. Frank, 2013: Climate extremes and the carbon cycle. *Nature*, 500(7462), 287-295.
- Sherwood**, S.C. y M. Huber, 2010: An adaptability limit to climate change due to heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(21), 9552-9555.
- Smith**, K.R., M. Jerrett, H.R. Anderson, R.T. Burnett, V. Stone, R. Derwent, R.W. Atkinson, A. Cohen, S.B. Shonkoff, y D. Krewski, 2010: Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: health implications of short-lived greenhouse pollutants. *The Lancet*, 374(9707), 2091-2103.
- St-Pierre**, N., B. Cobanov, y G. Schnitker, 2003: Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, 86, E52-E77.
- Tawatsupa**, B., V. Yiengprugsawan, T. Kjellstrom, y A. Sleigh, 2012: Heat stress, health and well-being: findings from a large national cohort of Thai adults. *BMJ Open*, 2(6), e001396, doi: 10.1136/bmjopen-2012-001396.
- Teixeira**, E.I., G. Fischer, H. van Velthuizen, C. Walter, y F. Ewert, 2013: Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 206-215.
- Thornton**, P., J. Van de Steeg, A. Notenbaert, y M. Herrero, 2009: The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 101(3), 113-127.
- van der Leun**, J.C., R.D. Piacentini, y F.R. de Gruyl, 2008: Climate change and human skin cancer. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 7(6), 730-733.
- Wilhelmi**, O., A. de Sherbinin, y M. Hayden, 2012: Capítulo 12. Exposure to heat stress in urban environments: current status and future prospects in a changing climate. En: *Ecologies and Politics of Health* [King, B. y K. Crews (eds.)]. Routledge Press, Abingdon (Reino Unido), y Nueva York, NY (Estados Unidos de América), págs. 219-238.
- Williams**, A.P., C.D. Allen, A.K. Macalady, D. Griffin, C.A. Woodhouse, D.M. Meko, T.W. Swetnam, S.A. Rauscher, R. Seager, y H.D. Grissino-Mayer, 2013: Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. *Nature Climate Change*, 3, 292-297.

**El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:**

**Olsson**, L., D.D. Chadee, O. Hoegh-Guldberg, M. Oppenheimer, J.R. Porter, H.-O. Pörtner, D. Satterthwaite, K.R. Smith, M.I. Travasso, y P. Tschakert, 2014: Recuadro multicapítulos sobre estrés por calor y olas de calor En: *Cambio climático 2014: Impacts, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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. Ebihara, 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, págs.119-121 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).



# Selección de los peligros, las vulnerabilidades clave, los riesgos clave y los riesgos emergentes determinados en la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación

Birkmann, Joern (Alemania), Rachel Licker (Estados Unidos de América), Michael Oppenheimer (Estados Unidos de América), Maximiliano Campos (Costa Rica), Rachel Warren (Reino Unido), George Luber (Estados Unidos de América), Brian O'Neill (Estados Unidos de América) y Kiyoshi Takahashi (Japón)

En el cuadro que figura a continuación se presenta una selección de los peligros, las vulnerabilidades clave, los riesgos clave y los riesgos emergentes determinados en diversos capítulos del presente informe (capítulos 4, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30). Los riesgos claves se determinan en función de la interacción de peligros con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y los ecosistemas o especies. En el cuadro se subraya la complejidad de los riesgos determinados por diversos peligros relacionados con el clima, factores de estrés no climáticos y vulnerabilidades polifacéticas. En los ejemplos se aprecia que los fenómenos subyacentes, como la pobreza o regímenes inseguros de tenencia de la tierra, una urbanización rápida e insostenible, otros cambios demográficos, una gobernanza deficiente y una atención gubernamental inadecuada de la reducción del riesgo, así como los límites de tolerancia de especies y ecosistemas que a menudo aportan servicios importantes a las comunidades vulnerables, generan el contexto de los posibles perjuicios y pérdidas relacionados con el cambio climático. Se observa en el cuadro que las actuales megatendencias mundiales (como la urbanización y otros cambios demográficos), combinadas entre sí y en un determinado contexto del desarrollo (p. ej., en zonas costeras bajas), pueden generar nuevos riesgos sistémicos en su interacción con fenómenos climáticos peligrosos que sobrepasan la capacidad disponible de adaptación y gestión del riesgo, especialmente en regiones muy vulnerables, como las zonas urbanas de gran densidad de los deltas de tierras bajas. Se presenta un conjunto representativo de observaciones aportadas por los Grupos de trabajo I y II. En la sección 19.6.2.1 figura una descripción completa de los métodos empleados al seleccionar estos datos.

Cuadro RC-1 | Ejemplos de peligros/factores de estrés, vulnerabilidades clave, riesgos clave y riesgos emergentes

	Peligros	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes
Sistemas terrestres y acuáticos continentales (capítulo 4)	Aumento de la temperatura del aire, el suelo y el agua (secciones 4.2.4, 4.3.2, 4.3.3)	Excedencia de los límites ecofisiológicos y de tolerancia al clima de las especies (capacidad limitada de resistencia y adaptación), mayor viabilidad de organismos externos	Riesgo de pérdida de biodiversidad autóctona, aumento del predominio de organismos no autóctonos	Pérdidas en cadena de especies nativas debido a interdependencias
		Reacción de la salud ante la propagación de vectores sensibles a la temperatura (insectos)	Riesgo de brotes de plagas y patógenos nuevos o mucho más graves	La interacción entre las plagas, las sequías y los incendios pueden comportar nuevos riesgos y tener un profundo impacto negativo en los ecosistemas
	Alteraciones en la estacionalidad de la lluvia (sección 4.3.3)	Mayor susceptibilidad de las plantas y los servicios ecosistémicos como consecuencia del desfase entre la estrategia en materia de vida vegetal y las oportunidades de crecimiento	Alteraciones en la combinación de tipos funcionales de plantas que dan lugar a cambios biomédicos, con el correspondiente riesgo para los ecosistemas y los servicios ecosistémicos	Las hierbas que favorecen los incendios crecen en zonas de precipitaciones invernales y sirven de combustible en los veranos secos
Sistemas oceánicos (capítulo 6)	Aumento de la temperatura del agua y de la estratificación (termal y halina) y acidificación marina (sección 6.1.1)	Superación de los límites de tolerancia de las especies endémicas (capacidad limitada de resistencia y adaptación), mayor presencia de organismos invasivos, mayor susceptibilidad y sensibilidad de los arrecifes de coral de aguas cálidas y de los correspondientes servicios ecosistémicos prestados a las comunidades costeras (secciones 6.3.1, 6.4.1)	Riesgo de pérdida de especies endémicas, mezclas de tipos de ecosistemas, mayor predominio de organismos invasivos	Aumento del riesgo como consecuencia de las interacciones, por ejemplo efectos de la acidificación y el calentamiento en los organismos calcáreos (sección 6.3.5)
		Pueden surgir nuevas vulnerabilidades a raíz de las modificaciones en las zonas de productividad y de distribución de las especies, en gran medida de latitudes bajas a altas (secciones 6.3.4, 6.5.1), alteraciones en el potencial pesquero a raíz de la migración de especies (secciones 6.3.1, 6.5.2, 6.5.3)	Mayor riesgo de pérdida de la capa de coral y el ecosistema conexo, con la consiguiente reducción de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (sección 6.3.1)	Mayores riesgos derivados de la interacción entre el calentamiento, la hipoxia y la acidificación y nuevas interacciones bióticas (secciones 6.3.5, 6.3.6)
	Ampliación de las zonas de oxígeno mínimo y las zonas muertas costeras a raíz de la estratificación y la eutrofización (sección 6.1.1)	Mayor susceptibilidad cuando los animales de mayor tamaño superan la tolerancia a la hipoxia, los hábitats se contraen y desaparecen peces de profundidad intermedia e invertebrados bentónicos (sección 6.3.3)	Riesgo de pérdida de animales y plantas de mayor tamaño, mayor protagonismo de comunidades adaptadas a la hipoxia, en gran medida microbianas, con un nivel de biodiversidad reducido (sección 6.3.3)	Mayor riesgo derivado del incremento de la hipoxia en océanos que se calientan y acidifican (sección 6.3.5)
	Mayor presencia de proliferaciones de algas perjudiciales en las zonas costeras a raíz del aumento de la temperatura del agua (sección 6.4.2.3)	Mayor susceptibilidad y capacidad adaptativa limitada de ecosistemas importantes y servicios valiosos como consecuencia de factores de estrés múltiples que ya existen (secciones 6.3.5, 6.4.1)	Mayor riesgo derivado de la intensificación de la frecuencia de la proliferación de dinoflagelados y las correspondientes posibilidades de pérdida y degradación de los ecosistemas costeros y los servicios ecosistémicos (sección 6.4.2)	Incremento desproporcionado del riesgo derivado de la interacción de diversos factores de estrés (sección 6.3.5)
Seguridad alimentaria y sistemas de producción de alimentos (capítulo 7)	Aumento de las temperaturas medias y mayor frecuencia de las temperaturas extremas (secciones 7.1, 7.2, 7.4, 7.5)	Susceptibilidad de todos los elementos del sistema alimentario, de la producción al consumo, en particular en el caso de los principales cultivos de cereales	Riesgo de malas cosechas y fallos en los procesos de distribución y almacenamiento de los alimentos	Aumento de la población mundial hasta alcanzar una cifra de unos 9 000 millones, combinado con aumentos de las temperaturas y otros gases traza como el ozono, lo cual afecta a la producción y la calidad alimentarias. La capacidad de adaptación de algunos sistemas alimentarios está limitada por la mayor temperatura
	Precipitaciones y sequías extremas (sección 7.4)	Susceptibilidad y sensibilidad de los cultivos, los pastos y la ganadería a las sequías y precipitaciones extremas	Riesgo de malas cosechas, riesgo de limitaciones en el acceso a los alimentos y en su calidad	Las inundaciones y sequías afectan al rendimiento agrícola y la calidad e inciden directamente en el acceso a los alimentos en la mayoría de los países en desarrollo (sección 7.4)
Zonas urbanas (capítulo 8)	Inundaciones en tierra firme (secciones 8.2.3, 8.2.4)	Exposición de un gran número de habitantes de zonas urbanas a episodios de crecidas. Especial susceptibilidad de los habitantes de asentamientos informales que tienen ingresos bajos y una infraestructura deficiente, a menudo ubicados en llanuras aluviales o a orillas de un río. Ello tiene graves consecuencias en la salubridad ambiental derivadas de una infraestructura de drenaje urbano sobrecargada, obsoleta, mal mantenida e inadecuada y de la impermeabilidad generalizada de las superficies. Las administraciones locales a menudo son incapaces de prestar atención a la necesaria reducción del riesgo de desastre derivado de las inundaciones o no están dispuestas a ello. Incapacidad de gran parte de la población urbana de obtener o permitirse una vivienda que la proteja de las inundaciones o un seguro. Determinados grupos son más sensibles a la mala salud debida al impacto de las inundaciones, que pueden provocar un aumento de las enfermedades transmitidas por mosquitos o por el agua	Riesgo de muertes y lesiones y de perturbaciones en los medios de subsistencia y los ingresos, el suministro de agua y el agua potable	En muchas zonas urbanas la mayor amplitud y frecuencia de las inundaciones afecta a una población mucho mayor. No se dispone de seguro o los impactos superan los límites del seguro. Desplazamiento de la carga de la gestión del riesgo del Estado a quienes lo padecen, con lo cual la desigualdad y la lacra de la pobreza aumentan, quedan abandonados distritos urbanos y se forman espacios cerrados donde es alto el grado de riesgo y de pobreza
	Inundaciones costeras (con inclusión de la subida del nivel del mar y las mareas meteorológicas) (secciones 8.1.4, 8.2.3, 8.2.4)	Exposición de un gran número de personas, empresas y activos físicos, incluida infraestructura esencial, en zonas bajas y zonas costeras desprotegidas. Especial susceptibilidad de la población urbana que no es capaz de obtener o permitirse una vivienda que la proteja de las inundaciones o un seguro. La administración local es incapaz de prestar la atención necesaria a la reducción del riesgo de desastre o no está dispuesta a ello	Riesgo de muerte y lesión y de perturbaciones en los medios de subsistencia y los ingresos, el suministro de alimentos y el agua potable	Se espera que en los tres próximos decenios vivan en zonas urbanas cerca de 2 000 millones más de habitantes. La subida del nivel del mar comporta riesgos con el paso del tiempo, pero la población y las actividades económicas a menudo se concentran más en las costas. No se dispone de seguro o los impactos superan los límites del seguro; desplazamiento de la carga de la gestión del riesgo del Estado a quienes lo padecen, con lo cual la desigualdad y la lacra de la pobreza aumentan, quedan abandonados distritos urbanos y se forman espacios cerrados donde es alto el grado de riesgo y de pobreza

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RC-1 (continuación)

	Peligros	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes
Zonas urbanas (continuación)  (capítulo 8)	Calor y frío (incluido el efecto de isla de calor urbana) (sección 8.2.3)	Especial susceptibilidad de una gran proporción de la población urbana, a menudo en aumento, de lactantes, niños pequeños, personas de edad, mujeres embarazadas y personas con enfermedades crónicas o el sistema inmune afectado que viven en asentamientos expuestos a temperaturas mayores (especialmente en islas de calor) y olas de frío imprevistas. Incapacidad de las organizaciones locales encargadas de prestar servicios sanitarios, de emergencia y sociales para adaptarse a los nuevos niveles de riesgo e implantar las iniciativas necesarias para los grupos vulnerables	Mayor riesgo de mortalidad y morbilidad, incluidas alteraciones de los patrones y concentraciones estacionales debidas a días calurosos con temperaturas más altas o temperaturas altas más prolongadas u olas de frío imprevistas. Es frecuente que los grupos de ingresos bajos tengan las mayores dificultades para evitar los riesgos	Con la duración y la variabilidad de las olas de calor aumentan con el tiempo los riesgos en la mayor parte de los lugares a raíz de la interacción con numerosos factores de estrés, como la contaminación atmosférica
	Escasez de agua y sequías en las regiones urbanas (secciones 8.2.3, 8.2.4)	Falta de agua corriente en los hogares de cientos de millones de habitantes urbanos. En muchas zonas urbanas escasea el agua y el abastecimiento es irregular; el aumento del abastecimiento se ve limitado. Falta de capacidad y de resiliencia en los regímenes de ordenación de las aguas, incluidos los vínculos entre zonas rurales y urbanas. Dependencia de los recursos hídricos en los sistemas de producción de energía	Riesgos derivados de las limitaciones de los servicios urbanos de abastecimiento de agua a las personas y la industria, con consecuencias humanas y económicas. Riesgo de daños y pérdidas en la ecología urbana y sus servicios, incluida la agricultura urbana y periurbana	La viabilidad de las ciudades puede verse amenazada por la pérdida o el agotamiento de las fuentes de agua dulce, incluidas las ciudades que dependen del agua derretida de glaciares lejanos o de aguas subterráneas que se están agotando
	Modificaciones de los regímenes meteorológicos urbanos y el consiguiente aumento de la contaminación atmosférica (sección 8.2.3)	Aumento de la exposición y de los niveles de contaminación, que tienen la repercusión mayor en las poblaciones susceptibles fisiológicamente. Capacidad limitada de resistencia y adaptación debida a la falta de aplicación por las administraciones urbanas de legislación sobre control de la contaminación	Mayor riesgo de mortalidad y morbilidad y descenso de la calidad de vida. Estos riesgos también pueden mermar la competitividad de las ciudades a escala mundial para atraer trabajadores e inversiones esenciales	Crisis sanitarias complejas e interrelacionadas
	Peligros geohidrológicos (intrusión de agua salada, deslizamientos de lodo y de tierras, subsidencia) (secciones 8.2.3, 8.2.4)	Especial susceptibilidad de las estructuras locales y la infraestructura en red (agua corriente, saneamiento, drenaje, comunicaciones, transporte, electricidad, gas). Incapacidad de muchos hogares de ingresos bajos de trasladarse a viviendas ubicadas en zonas más seguras	Riesgo de daño de la infraestructura en red. Riesgo de pérdida de vidas humanas y propiedades	Posibilidad de grandes impactos, a escala local y agregados  Repercusiones profundas en las actividades urbanas y el bienestar
	Mayor intensidad de las tormentas de viento (secciones 8.1.4, 8.2.4)	Mala calidad de los edificios y la infraestructura física y especial susceptibilidad de los servicios y funciones correspondientes. Dificultad para renovar los edificios y la infraestructura de las ciudades, que se han quedado anticuados  La administración local es incapaz de prestar atención a la reducción del riesgo de desastre o no está dispuesta a ello (capacidad limitada de resistencia y adaptación)	Riesgo de que las viviendas, las empresas y la infraestructura pública sufran daños. Riesgo de pérdida de funciones y servicios. Dificultades en la recuperación, especialmente cuando se carece de seguro	Dificultades para las personas, las empresas y los organismos públicos cuando los costos de renovación son altos y los presupuestos de inversión se orientan a otros sectores e intereses; posibles tensiones entre las inversiones centradas en el desarrollo y las orientadas a la reducción del riesgo
	Cambios en el perfil de peligrosidad, incluidos peligros novedosos y nuevos complejos de varios peligros combinados (secciones 8.1.4, 8.2.4)	Exposición de nuevas poblaciones e infraestructuras, especialmente cuando es limitada su capacidad de prever el riesgo de peligros múltiples y su capacidad de reducción del riesgo, por ejemplo, cuando la planificación de la gestión del riesgo se centra demasiado en determinados peligros, en particular cuando la infraestructura física se diseña de antemano en previsión de otros riesgos (p. ej., geofísicos en lugar de hidrometeorológicos)	Riesgos de errores en los sistemas acoplados, como los sistemas de drenaje que dependen de bombas eléctricas o los servicios de emergencia que dependen de las carreteras y las telecomunicaciones. Posibles convulsiones psicológicas derivadas de riesgos imprevistos	Pérdida de fe en las instituciones encargadas de gestionar los riesgos. Posibilidad de efectos extremos magnificados por la falta de preparación y de capacidad de respuesta
	Combinación de peligros de aparición gradual, como el aumento de las temperaturas y la variabilidad de la temperatura y el agua (secciones 8.2.2, 8.2.4)	Especial susceptibilidad de grandes sectores de la población urbana de países de ingresos bajos y medianos cuyos medios de subsistencia o fuentes de alimentación dependen de la agricultura urbana y periurbana	Riesgo de daño o degradación de los suelos, la capacidad de captación de agua, la producción de leña, la agricultura urbana y periurbana y otros servicios ecosistémicos de producción o protección. Riesgo de repercusiones profundas en los medios de subsistencia urbanos y periurbanos y en la salud urbana	Desplome de las economías periurbanas y los servicios ecosistémicos, lo cual tiene repercusiones de mayor alcance en la seguridad alimentaria, la prestación de servicios y la reducción del riesgo de desastre en las zonas urbanas
	Peligro de más enfermedades y exposición a vectores de enfermedades, inducido o intensificado por el cambio climático (secciones 8.2.3, 8.2.4)	Exposición de grandes sectores de la población urbana a enfermedades transmitidas por alimentos y por el agua y a la malaria, el dengue y otras enfermedades transmitidas por vectores que se ven influidas por el cambio climático	Riesgo derivado de la mayor exposición a estas enfermedades	Falta de capacidad del sistema de salud pública para hacer frente a estos riesgos sanitarios a la vez que a otros riesgos relacionados con el clima, como las inundaciones
Zonas rurales  (capítulo 9)	Sequías en zonas de pastoreo (secciones 9.3.3.1, 9.3.5.2)	Mayor vulnerabilidad derivada de la invasión sufrida por las tierras de pastoreo, una política agraria inadecuada, impresiones erróneas y el deterioro de los medios de subsistencia pastoriles y el conflicto por los recursos naturales, todo ello amplificado por la ubicación en zonas alejadas y la falta de voz	Riesgo de hambruna  Riesgo de pérdida de ingresos derivados del comercio ganadero	En las zonas de pastoreo, mayor riesgo para los medios de subsistencia rurales, derivados de las enfermedades animales combinadas con los impactos directos de la sequía
	Efectos del cambio climático en la pesca artesanal (secciones 9.3.3.1, 9.3.5.2)	La pesca artesanal se ve afectada por la contaminación y la pérdida de manglares, la competencia de la acuicultura y la desatención del sector por parte de los gobiernos e investigadores, así como por la complejidad de los derechos de propiedad	Riesgo para los pescadores artesanales de pérdidas económicas derivadas de una disminución de las capturas y los ingresos y del deterioro de los aparejos y la infraestructura de pesca	Menos proteínas en la dieta de quienes consumen productos de la pesca artesanal, en combinación con otros riesgos relacionados con el clima

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RC-1 (continuación)

	Peligros	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes
Zonas rurales (continuación) (capítulo 9)	Escasez de agua y sequías en las zonas rurales (sección 9.3.5.1.1)	Falta de acceso de la población rural a agua potable y de regadío. Alto grado de dependencia de la población rural con respecto a actividades relacionadas con los recursos naturales. Falta de capacidad y resiliencia de los regímenes de ordenación de las aguas (de ámbito institucional). Mayor demanda de agua derivada de la presión demográfica	Riesgo de menor productividad agrícola de la población rural, incluida la que depende de la agricultura de secano o de riego o de variedades de alto rendimiento, la silvicultura y la pesca continental. Riesgo de inseguridad alimentaria y descenso de los ingresos. Empeoramiento del estado nutricional de los hogares (sección 9.3.5.1)	Repercusión en los medios de subsistencia como consecuencia de la interacción con otros factores (instituciones encargadas de la gestión de los recursos hídricos, demanda de agua, agua usada por cultivos no alimentarios), incluidos posibles conflictos por el acceso al agua. Enfermedades relacionadas con el agua
Salud humana (capítulo 11)	Mayor frecuencia e intensidad del calor extremo	Mayor susceptibilidad a los días calurosos y las olas de calor de las personas de edad que habitan en ciudades, así como de las personas que tienen trastornos de salud previos (sección 11.3)	Riesgo de mayor mortalidad y morbilidad durante los días calurosos y las olas de calor (sección 11.4.1). Riesgo de mortalidad, morbilidad y pérdida de productividad, en particular entre los trabajadores manuales en climas calurosos	Se prevé que el número de personas de edad se triplique de 2010 a 2050. A raíz de ello pueden sobrecargarse los servicios de salud y emergencia
	Mayores temperaturas y mayor variabilidad de las precipitaciones	Especial susceptibilidad de las poblaciones más pobres a las reducciones del rendimiento agrícola local derivadas del clima. La inseguridad alimentaria puede ser causa de subnutrición. Especial vulnerabilidad de los niños (sección 11.3)	Riesgo de mayor carga de enfermedad y mayor inseguridad alimentaria en determinados grupos de población. Riesgo creciente de que se amineore el ritmo de los progresos en la reducción de la mortalidad y la morbilidad debidas a la subnutrición o de que se produzca una reversión (sección 11.6.1)	Efecto combinado del impacto climático, el crecimiento demográfico, el estancamiento de los aumentos de la producción, la demanda de tierras con fines ganaderos, los biocombustibles, la desigualdad persistente y la constante inseguridad alimentaria de la población pobre
	Temperaturas más altas, cambios en los patrones de precipitación	Exposición de poblaciones no inmunes a enfermedades transmitidas por el agua o por vectores que vienen determinadas por las condiciones meteorológicas (sección 11.3)	Presiones sufridas por los sistemas de sanidad pública a raíz de los mayores riesgos sanitarios derivados de las modificaciones de la distribución espacial y temporal de las variedades de enfermedades, especialmente cuando se combinan con una recesión económica (sección 11.5.1)	Los rápidos cambios climáticos y ambientales de otro tipo pueden provocar la aparición de nuevos patógenos
	Mayor variabilidad en las precipitaciones	Exposición de la población a la diarrea, agravada por temperaturas más altas y por precipitaciones desacostumbradamente altas o bajas (sección 11.3)	Riesgo de que queden invalidados los avances registrados hasta la fecha en la reducción de la mortalidad infantil derivada de enfermedades diarreicas (sección 11.5.2)	Mayor tasa de averías de la infraestructura de agua y saneamiento a raíz del riesgo de mayor incidencia de la diarrea provocada por el cambio climático
Medios de subsistencia y pobreza (capítulo 13)	Mayor frecuencia y severidad de las sequías, combinadas con una disminución de la pluviosidad o una mayor imprevisibilidad de esta (secciones 13.2.1.2, 13.2.1.4, 13.2.2.2)	Los agricultores provistos de escasos recursos (pobreza alta y persistente), especialmente los de las tierras secas, son susceptibles a estos peligros, pues es muy limitada su capacidad de compensar las pérdidas de los sistemas agrícolas que dependen del agua o de la ganadería	Riesgo de daño irreversible debido al poco tiempo de recuperación entre sequías, que se acerca al punto crítico en los sistemas de agricultura de secano o pastoreo	Deterioro de los medios de subsistencia en círculos de pobreza difíciles de dejar atrás, mayor inseguridad alimentaria, menor productividad de las tierras, emigración y nueva población pobre urbana en los países de ingresos bajos y medianos
	Crecidas ordinarias y repentinas en asentamientos urbanos improvisados y entornos montañosos que destruyen los activos físicos (p. ej., viviendas, carreteras, bancales o canales de riego) (secciones 13.2.1.1, 13.2.1.3, 13.2.1.4)	Alto grado de exposición y susceptibilidad de las personas, en particular de los niños y las personas de edad, así como de las personas con discapacidad, en las zonas donde las crecidas son habituales. Con infraestructura inadecuada, roles de género impuestos por la cultura y capacidad limitada de resistencia y adaptación derivada de la marginación política e institucional y de la pobreza alta aumenta la susceptibilidad de estas personas en los asentamientos urbanos improvisados; interés político limitado en el desarrollo y el fomento de la capacidad de adaptación	Riesgo de morbilidad y mortalidad altas derivado de las crecidas ordinarias y repentinas. Entre los posibles factores de aumento del riesgo cabe mencionar el paso de la pobreza pasajera a crónica a raíz del deterioro de activos humanos y económicos (p. ej., el mercado de trabajo) y las pérdidas económicas derivadas de una infraestructura dañada	Ampliación de la desigualdad entre los hogares mejor dotados, que son capaces de invertir en medidas de control de las crecidas y en seguros, y las poblaciones cada vez más vulnerables, que se encuentran en peligro de desahucio, deterioro de sus medios de subsistencia y emigración
	Mayor variabilidad de las precipitaciones; cambios en los fenómenos climáticos medios y extremos (secciones 13.2.1.1, 13.2.1.4)	Capacidad limitada de resistencia debida al agotamiento de las redes de apoyo social, en particular por lo que se refiere a los hogares encabezados por ancianos y mujeres; deja de ser posible la movilización de la mano de obra y los alimentos	Los peligros se combinan con la vulnerabilidad para que la población pase de la pobreza pasajera a la crónica como consecuencia de una persistente e irreversible marginación socioeconómica y política. Además, con la falta de apoyo gubernamental y la eficacia limitada de las respuestas posibles aumenta el riesgo	Mayor grado de vulnerabilidad y privaciones multidimensionales, a la vez que invisibles, en virtud de la combinación de peligros climáticos y factores de estrés socioeconómico
	Fenómenos sucesivos y extremos (inundaciones, sequías), combinados con un aumento de las temperaturas y una mayor demanda de agua (secciones 13.2.1.1, 13.2.1.5)	Especial susceptibilidad de las comunidades rurales como consecuencia de la marginación de los usuarios rurales de agua frente a los usuarios urbanos, en vista de las prioridades políticas y económicas (p. ej., en Australia, los Andes, los Himalayas o el Caribe)	Riesgo de pérdida de medios de subsistencia rurales, graves pérdidas económicas en la agricultura y perjuicios para los valores y la identidad culturales; repercusiones en la salud mental (incluido un aumento de la tasa de suicidio)	Pérdida de medios de subsistencia rurales que llevan generaciones existiendo, incremento de la emigración a las zonas urbanas y surgimiento de pobreza nueva en países de ingresos medianos y altos
Elevación del nivel del mar (secciones 13.1.4, 13.2.1.1, 13.2.2.1, 13.2.2.3)	Exposición de un gran número de personas en las zonas bajas, sumada a una gran susceptibilidad derivada de la pobreza multidimensional, opciones de subsistencia alternativas limitadas entre los hogares pobres y exclusión de las estructuras decisorias institucionales	Riesgo de deterioro y pérdidas graves de medios de subsistencia. Posible pérdida de recursos mancomunados, de sentido del lugar, de pertenencia y de identidad, especialmente entre las poblaciones indígenas	Pérdida de medios de subsistencia y riesgos para la salud mental debidos a cambios radicales en el paisaje, la desaparición de recursos naturales y una posible reubicación; aumento de la migración	
Aumento de las temperaturas y olas de calor (secciones 13.2.1.5, 13.2.2.3, 13.2.2.4)	Especial susceptibilidad de los jornaleros agrícolas, los pequeños agricultores de las zonas donde impera la pobreza multidimensional y la marginación económica, los niños que viven en tugurios urbanos y las personas de edad	Riesgo de mayor morbilidad y mortalidad derivadas del estrés debido al calor sufrido por trabajadores y trabajadoras, niños y personas de edad, protección limitada debida a la discriminación socioeconómica y respuestas gubernamentales inadecuadas	Disminución de la mano de obra agrícola, sumada a nuevas dificultades de los sistemas rurales de atención sanitaria en los países de ingresos bajos y medianos, envejecimiento y riesgo para las poblaciones de ingresos bajos sin redes de seguridad en países de ingresos altos	

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RC-1 (continuación)

	Peligros	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes
Medios de subsistencia y pobreza (continuación)  (capítulo 13)	Mayor variabilidad de la pluviosidad o los fenómenos extremos (crecidas, sequías, olas de calor) (secciones 13.2.1.1, 13.2.1.3, 13.2.1.4, 13.2.1.5)	Especial riesgo para las personas que dependen en gran medida de la agricultura de secano. Pobreza persistente entre los agricultores de subsistencia y los jornaleros urbanos que son compradores netos de alimentos y disponen de mecanismos de resistencia limitados	Riesgo de malas cosechas, subidas de los precios de los alimentos, reducción del consumo para proteger los activos de los hogares, riesgo de inseguridad alimentaria, paso de la pobreza pasajera a la crónica a causa de la capacidad limitada de reducir los riesgos	Disturbios alimentarios, pobreza alimentaria infantil, crisis alimentarias mundiales, limitaciones de los seguros y otras estrategias para repartir los riesgos
	Variaciones en los patrones de pluviosidad (temporales y espaciales)	Hogares o personas muy dependientes de la agricultura de secano y con escaso acceso a modos de ingresos alternativos	Riesgos de malas cosechas, escasez de alimentos y hambruna severa	Coincidencia de los peligros con períodos de precios altos a escala mundial, lo que pone en peligro o desbarata las estrategias de resistencia y los mecanismos de adaptación, como los seguros de cosechas (reparto de riesgos)
	Factor de estrés derivado del aumento de la demanda (y de los precios) de las materias primas del biocombustible como consecuencia de las políticas climáticas	Exposición de agricultores y grupos cuyo mecanismo de tenencia de las tierras está poco claro, o es inseguro, a la desposesión a raíz de la apropiación de tierras en los países en desarrollo	Riesgo de perjuicios y pérdida de medios de subsistencia para algunos residentes rurales como consecuencia de la demanda en aumento de materias primas de biocombustible y la inseguridad en la tenencia de las tierras y la apropiación de tierras	Creación de grandes grupos de agricultores sin tierras incapaces de mantenerse. Disturbios sociales debidos a disparidades entre la producción que precisa de grandes cantidades de energía y la producción de alimentos, desatendida
Riesgos emergentes y vulnerabilidades clave  (capítulo 19)	Mayores frecuencias de fenómenos extremos (sequías, inundaciones), por ejemplo, si la proporción de sequías o inundaciones pasa de 1:20 a 1:5 años	Riesgo de que los activos productivos de los ganaderos y pequeños agricultores (como rebaños, diques, cercas o bancales) queden dañados	Riesgo de pérdida de medios de subsistencia y daños debidos a períodos más cortos de recuperación entre fenómenos extremos. La reposición de los activos de los ganaderos tras una sequía puede llevar varios años; en el caso de la agricultura en bancales es necesaria su reconstrucción, lo cual puede llevar varios años	Derrumbe de las estrategias de resistencia, con riesgo de desorganización de los medios de subsistencia. Fracaso de mecanismos de adaptación como los seguros a causa de la mayor frecuencia con que se presentan reclamaciones
	Calentamiento y desecación (cambios en la precipitación de magnitud incierta) (GTI IE5 RT.5.3; Resumen para responsables de políticas (RRP), secciones 11.3, 12.4)	Limitación de la capacidad de resistencia ante la menor disponibilidad de agua; mayor exposición y demanda como consecuencia del aumento de población; conflictos en la demanda de usos de agua dispares; limitaciones socioculturales a algunas opciones de adaptación (secciones 19.2.2, 19.3.2.2, 19.6.1.1, 19.6.3.4)	Riesgos de daños y pérdidas derivados de la degradación de los medios de subsistencia originados en limitaciones sistemáticas del uso de recursos hídricos a raíz de las cuales el suministro queda muy por debajo de la demanda. Además, las limitaciones de las opciones de resistencia y adaptación hacen que aumente el riesgo de daño y pérdida (secciones 19.3.2.2, 19.6.3.4)	La competencia por el agua entre diversos sectores (como la energía, la agricultura o la industria) se combina con los cambios climáticos, generando escasez local aguda (secciones 19.3.2.2, 19.6.3.4)
África  (capítulo 22)	Modificaciones en las temperaturas y precipitaciones regionales y estacionales en la superficie terrestre (GTI IE5 RT.5.3; RRP, secciones 11.3, 12.4)	Gran dependencia de las comunidades de los servicios ecosistémicos (secciones 19.2.2.1, 19.3.2.1), que se ven afectados negativamente por las modificaciones en las temperaturas regionales y estacionales	Riesgo de pérdida de especies a gran escala en la mayor parte de la superficie terrestre mundial. Está previsto que un 57% ± 6% de las plantas habituales y comunes y un 34% ± 7% de los animales habituales y comunes pierdan ≥50% de su actual extensión de distribución climática para la década de 2080, con lo cual se perderán servicios (sección 19.3.2.1)	Pérdida generalizada de servicios ecosistémicos, entre ellos: de aprovisionamiento, como alimentos y agua; de regulación, como control del clima y las enfermedades; de apoyo, como ciclos de nutrientes y polinización de los cultivos; y culturales, como espirituales y de esparcimiento (secciones 19.3.2.1, 19.6.3.4)
	Mayor temperatura	Mayor riesgo para los niños, las mujeres embarazadas y quienes no gozan de buena salud en relación con los cambios en las enfermedades diarréicas y transmitidas por vectores derivados de la temperatura y de las reducciones del rendimiento de las cosechas debidas a la temperatura. Las personas que trabajan en el exterior, los adultos de edad avanzada y los niños pequeños son los grupos más susceptibles a las temperaturas elevadas y las olas de calor (secciones 22.3.5.2, 22.3.5.4)	Riesgo de variaciones en la distribución geográfica, la estacionalidad y la incidencia de enfermedades infecciosas, con lo que es mayor la carga sanitaria. Riesgo de mayor carga de retraso del crecimiento en los niños. Riesgo de mayor mortalidad y morbilidad durante los días calurosos y las olas de calor	A raíz de la interacción entre diversos factores brotan y rebrotan epidemias
	Poblaciones que dependen de sistemas acuáticos y servicios de ecosistemas acuáticos sensibles al aumento de la temperatura del agua	Poblaciones que dependen de sistemas acuáticos y servicios de ecosistemas acuáticos sensibles al aumento de la temperatura del agua	Pérdida de ecosistemas acuáticos y riesgos para las personas que dependen de estos recursos; reducción de la producción pesquera de agua dulce (secciones 22.3.2.2, 22.3.4.4)	Riesgo de pérdida de medios de subsistencia a raíz de la interacción de la pérdida de servicios ecosistémicos con otros factores de estrés relacionados con el clima en las comunidades pobres
	Poblaciones rurales y urbanas cuya seguridad alimentaria y de medios de subsistencia se ve mermada	Poblaciones rurales y urbanas cuya seguridad alimentaria y de medios de subsistencia se ve mermada	Riesgo de perjuicios y pérdidas derivados del mayor estrés debido al calor sufrido por la agricultura y la ganadería, con lo cual disminuye la productividad; mayores pérdidas de alimentos almacenados que se echan a perder (secciones 22.3.4.1, 22.3.4.2)	Extensión del ámbito geográfico de las plagas y enfermedades de los cultivos a agroecosistemas de gran altitud (sección 22.3.4.3)
	Fenómenos extremos, como crecidas, crecidas repentinas y sequías	Grupos de población que viven en asentamientos informales de zonas urbanas muy expuestas; las mujeres y los niños suelen ser los grupos más vulnerables al riesgo de desastre (secciones 22.3.6, 22.4.3)	Mayor riesgo de mortalidad, perjuicios y pérdidas a causa del anegamiento ocasionado por episodios de lluvia torrencial	Riesgo compuesto de epidemias, como de enfermedades diarréicas (entre ellas el cólera)
	Entre los grupos susceptibles cabe mencionar los que ven reducido su acceso a los alimentos a causa de la menor capacidad para transportar, almacenar y comercializar alimentos, como en el caso de la población urbana pobre	Entre los grupos susceptibles cabe mencionar los que ven reducido su acceso a los alimentos a causa de la menor capacidad para transportar, almacenar y comercializar alimentos, como en el caso de la población urbana pobre	Riesgo de escasez de alimentos y de deterioro del sistema alimentario a causa de las tormentas e inundaciones	Subidas de los precios de los alimentos a causa de la combinación de factores climáticos y no climáticos que construyen el acceso a los alimentos de la población pobre que destina a la alimentación una proporción desmedida de sus ingresos (sección 22.3.4.5)
	Los niños, las embarazadas y las personas que no gozan de buena salud son especialmente vulnerables a la reducción del acceso al agua potable y el saneamiento mejorado y a una mayor inseguridad alimentaria (secciones 22.3.5.2, 22.3.5.3)	Los niños, las embarazadas y las personas que no gozan de buena salud son especialmente vulnerables a la reducción del acceso al agua potable y el saneamiento mejorado y a una mayor inseguridad alimentaria (secciones 22.3.5.2, 22.3.5.3)	Riesgo de pérdidas agrícolas y ganaderas derivadas de las sequías. Riesgo de mermas en el abastecimiento y la calidad del agua de uso doméstico (secciones 22.3.4.1, 22.3.4.2). Riesgo de mayor incidencia de enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua (p. ej., el cólera) y de subnutrición. Riesgo de contaminación del agua potable como consecuencia de episodios de lluvia torrencial y de inundaciones (sección 22.3.5.2)	Efectos combinados de la temperatura alta y las variaciones de las precipitaciones en los sistemas humanos y naturales. Mayor incidencia del retraso del crecimiento en los niños (sección 22.3.5.3)

Continúa en la página siguiente →

**Cuadro RC-1 (continuación)**

<b>Peligros</b>	<b>Vulnerabilidades clave</b>	<b>Riesgos clave</b>	<b>Riesgos emergentes</b>
Europa (capítulo 23)	Fenómenos climatológicos extremos (sección 23.9)	Son especialmente susceptibles los sectores con capacidad limitada de resistencia y adaptación y de suma sensibilidad a los fenómenos extremos, como el transporte, la energía y la salud	Riesgo de nuevas amenazas sistémicas debidas al estrés sufrido por sectores múltiples e interconectados. Riesgo de interrupción en la prestación de servicios en uno o más sectores
	El cambio climático amplía la distribución espacial y la estacionalidad de las plagas y enfermedades (secciones 23.4.1, 23.4.3, 23.4.4)	Gran susceptibilidad de las plantas y animales expuestos a plagas y enfermedades	Riesgo de un mayor grado de pérdidas de cultivos y enfermedades animales o incluso de muertes de cabezas de ganado
	Fenómenos meteorológicos extremos y menor disponibilidad de agua a causa del cambio climático (sección 23.3.4)	La baja capacidad adaptativa de los sistemas energéticos podría limitar el suministro de energía y elevar los costos de suministro durante esos fenómenos y condiciones extremos	Mayor riesgo de escasez energética a causa de las limitaciones en el suministro, por ejemplo en las centrales nucleares a causa de la poca agua de refrigeración disponible durante los episodios de estrés debido al calor
Asia (capítulo 24)	Aumento de las temperaturas medias y extremas más frecuentes, así como variaciones en los patrones de precipitación (a escala temporal y espacial)	Son muy susceptibles los sistemas alimentarios y los sistemas de producción de destacados cultivos cereales, en particular en sistemas agrícolas arroceros y de otro tipo (sección 24.4.4.3)	Con el riesgo de malas cosechas y de menor rendimiento agrícola también puede aumentar el riesgo de pérdidas importantes para los agricultores y sus medios de subsistencia rurales (sección 24.4.4.3)
	Elevación del nivel del mar	Son especialmente susceptibles los arrozales y sus agricultores en zonas próximas a las costas (sección 24.4.4.3)	Riesgo de pérdida de zonas de cultivo que quedarían sumergidas (sección 24.4.4.3)
	Mayor frecuencia prevista de diversos fenómenos extremos (olas de calor, crecidas y sequías) y de la elevación del nivel del mar	Mayor exposición derivada de la acumulación de medios de subsistencia y propiedades en megaciudades costeras. Son especialmente susceptibles las personas que no están suficientemente protegidas frente a los peligros naturales	Riesgo de pérdidas de vidas y bienes a causa de inundaciones costeras, acompañado por una mayor vulnerabilidad
Australasia (capítulo 25)	Aumento de las temperaturas en el aire y la superficie del mar, tendencia a la desecación, disminución de la capa de nieve, mayor intensidad de los ciclones fuertes, acidificación oceánica (sección 25.2; cuadro 25-1; figura 25-4; GTI IE5, capítulo 14, y Atlas)	Son especialmente susceptibles las especies que viven en una franja climática limitada y se ven afectadas por la fragmentación de su hábitat y por factores de perturbación externos (contaminación, escorrentías, pesca, turismo, depredadores introducidos y plagas) (secciones 25.6.1, 25.6.2)	Riesgo de cambios importantes en la composición y la estructura de las comunidades de arrecifes de coral y los ecosistemas montañosos y riesgo de pérdida de algunas especies autóctonas en Australia (secciones 25.6.1, 25.6.2, 25.10.2)
	Aumento de la pluviosidad extrema en muchos lugares, acompañado de riesgo de inundación (sección 25.2; cuadro 25-1)	Déficit de adaptación de la infraestructura y los asentamientos existentes al actual riesgo de inundación; crecimiento y mayor densidad de las zonas urbanas; la eficacia en la adaptación comporta cambios para la transformación, como los controles en el uso de las tierras y el retroceso de estas (secciones 25.3, 25.10.2; recuadro 25-8)	Mayor frecuencia e intensidad de los daños en la infraestructura y los asentamientos provocados por inundaciones en Australia y Nueva Zelanda (cuadro 25-8; sección 25.10.2)
	Persistencia de la subida del nivel del mar, prevista en un ámbito muy amplio y más allá de 2100, incluso en el marco de hipótesis que contemplan la mitigación (sección 25.2; recuadro 25-1; GTI IE5, capítulo 13)	Son especialmente susceptibles las infraestructuras costeras longevas y de gran valor en activos y los ecosistemas situados en tierras bajas. La exposición aumenta con la expansión de las poblaciones y los activos costeros por zonas más extensas del litoral. Las prioridades en conflicto limitan las opciones de adaptación, así como las estrategias eficaces de respuesta (25.3, recuadro 25-1)	Mayores riesgos para la infraestructura costera y los ecosistemas situados en tierras bajas de Australia y Nueva Zelanda, acompañados de daños generalizados en los límites máximos de los rangos previstos (recuadro 25-1; secciones 25.6.1, 25.6.2, 25.10.2)
América del Norte (capítulo 26)	Aumento de la frecuencia o la intensidad de fenómenos extremos, como precipitación intensa, crecidas fluviales y costeras, olas de calor y sequías (secciones 26.2.2, 26.3.1, 26.8.1)	Es especialmente susceptible la infraestructura física en deterioro de las zonas urbanas. Asimismo, a raíz de las mayores disparidades en los ingresos y las limitaciones de la capacidad institucional, podría aumentar la proporción de personas susceptibles a estos factores de perturbación a causa de sus limitados recursos económicos (secciones 26.7, 26.8.2)	Riesgo de daños y pérdidas en las zonas urbanas, especialmente en entornos costeros y secos, a raíz de la mayor vulnerabilidad de los grupos sociales, los sistemas físicos y las estructuras institucionales, todo ello combinado con un incremento de los fenómenos meteorológicos extremos (secciones 26.8.1)
	Aumento de las temperaturas, disminución de las escorrentías y menor humedad del suelo a causa del cambio climático (secciones 26.2, 26.3)	Vulnerabilidad de los pequeños propietarios de tierras rurales, especialmente en la agricultura mexicana, y de la población pobre de entornos rurales (secciones 26.5, 26.8.2.2)	Riesgo de mayores pérdidas y disminuciones en la producción agrícola. Riesgo de inseguridad alimentaria y laboral entre los pequeños propietarios de tierras y grupos sociales de las regiones expuestas a estos fenómenos (secciones 26.5, 26.8.2.2)

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RC-1 (continuación)

	Peligros	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes
América del Norte (continuación)  (capítulo 26)	Condiciones propensas a los incendios forestales y las sequías (recuadro 26-2)	Grupos indígenas, residentes de zonas periurbanas cuyos ingresos son bajos y sistemas forestales (recuadro 26-2; sección 26.8.2)	Riesgo de pérdida de la integridad del ecosistema, pérdidas de bienes, morbilidad y mortalidad humanas como consecuencia de los incendios forestales (recuadro 26-2; sección 26.8.3)	
	Episodios extremos de tormentas y calor, contaminación atmosférica, polen y enfermedades infecciosas (sección 26.6.1)	La susceptibilidad de las personas viene determinada por factores como la condición económica, el estado de salud previo, la edad y el acceso a activos (sección 26.6.1)	Mayor riesgo de morbilidad y mortalidad humanas derivadas de las temperaturas extremas, las tormentas, el polen o las enfermedades infecciosas (sección 26.6.2)	
	Crecidas fluviales y costeras y elevación del nivel del mar (secciones 26.2.2, 26.4.2, 26.8.1)	Mayor exposición de las poblaciones, las propiedades y los ecosistemas, en parte a causa de la saturación de las redes de drenaje. Son especialmente susceptibles los grupos y sectores económicos que dependen en gran medida del funcionamiento de distintas cadenas de suministro, las instituciones de sanidad pública que pueden verse perturbadas y los grupos con capacidad de resistencia limitada frente a las interrupciones de las cadenas de suministro y las perturbaciones de sus medios de subsistencia (secciones 26.7, 26.8.1)	Riesgo de daños en la propiedad, perturbación de las cadenas de suministro y del sistema de sanidad pública, calidad de agua deficiente, perturbaciones en el ecosistema, daños en la infraestructura y perturbaciones del sistema social como consecuencia de inundaciones urbanas derivadas de crecidas fluviales y marinas y de crecidas en las redes de drenaje (secciones 26.4.2, 26.8.1)	Múltiples riesgos derivados de la combinación de peligros para los medios de subsistencia de la población, la infraestructura y los servicios (secciones 26.7, 26.8.3)
América Central y del Sur (capítulo 27)	Menor disponibilidad de agua en las regiones semáridas y las regiones que dependen del agua de los glaciares; inundaciones en zonas urbanas debidas a precipitaciones extremas (secciones 27.2.1, 27.3.3)	Son especialmente vulnerables los grupos que no pueden conservar sus medios de subsistencia agrícolas y tienen que migrar. Las limitaciones de la infraestructura y de la capacidad de planificación pueden agravar la falta de capacidad de resistencia y adaptación ante los rápidos cambios previstos (precipitación), especialmente en las ciudades grandes	Riesgo de pérdidas de vidas humanas, medios de subsistencia y propiedades	Aumento de las enfermedades infecciosas. Impactos económicos derivados del reasentamiento demográfico
	Acidificación y calentamiento oceánicos (sección 27.3.3; recuadro CC-AO)	Sensibilidad de los sistemas de arrecifes de coral a la acidificación y el calentamiento oceánicos	Riesgo de pérdida de biodiversidad (especies) y riesgo de merma de la capacidad pesquera, con el consiguiente impacto en los medios de subsistencia costeros	Pérdidas económicas e impacto en la producción alimentaria (pesquera) en determinadas regiones
	Sequía o precipitación extremas (secciones 27.2.1, 27.3.4)	Con un alto grado de CO <sub>2</sub> disminuye el contenido de nutrientes de las plantas, especialmente del nitrógeno en relación con el carbono presente en los productos alimenticios	Riesgo de pérdida de producción y productividad (alimentarias) en algunas regiones donde pueden registrarse fenómenos extremos. Necesidad de modificar la dieta a causa del deterioro de la calidad de los alimentos (p. ej., menos proteínas al ser menor la asimilación de nitrógeno). Descenso de la producción de bioenergía	Acusados impactos económicos vinculados con la necesidad de trasladar los cultivos a regiones más aptas. Teleconexiones, en el ámbito de la calidad de los alimentos, derivadas de la intensa exportación de alimentos por la región. Impactos en el sistema energético y las emisiones de carbono, con el consiguiente aumento de la demanda de combustibles fósiles
	Con el aumento de las temperaturas y la humedad se propagan las enfermedades transmitidas por vectores, tanto en altitud como en latitud (sección 27.3.7)	Exposición y vulnerabilidad de las personas a enfermedades transmitidas por vectores y aumento de las tasas de picaduras de mosquito, con lo que aumenta la probabilidad de infección humana	Riesgo de aumento de la morbilidad y los años de vida ajustados en función de la discapacidad; riesgo de pérdida de vidas humanas; riesgo de disminución de la productividad escolar y laboral	Grandes impactos económicos debidos a la necesidad de aumentar la financiación de programas de salud y a los costos de los años de vida ajustados en función de la discapacidad, necesidad de más hospitales e infraestructura médica adecuados para hacer frente a la mayor incidencia de las enfermedades y a la propagación a otras regiones
Regiones polares (capítulo 28)	Pérdida del hielo plurianual y reducción de la extensión espacial del hielo marino en verano (secciones 28.2.5, 28.3.2, 28.4.1)	Son vulnerables a este peligro las comunidades indígenas cuyos medios de subsistencia dependen del hielo marino, en particular a causa de la pérdida de plataformas de cría y forraje de mamíferos marinos	Riesgo de pérdidas de medios de subsistencia y fuentes de alimentación tradicionales	Alteraciones descendentes en las redes alimentarias
		Los ecosistemas son vulnerables a causa de las variaciones en la distribución y la aparición de brotes de algas de hielo y fitoplancton oceánico	Riesgo de perturbaciones en la coincidencia sincrónica de la ontogenia del zooplancton con la disponibilidad de presas. Mayor variabilidad de la producción secundaria mientras el zooplancton se adapta a las variaciones en los momentos de aparición. También corre riesgo las redes alimentarias marinas locales	Alteraciones ascendentes en las redes alimentarias. Posibles modificaciones en la interacción entre especies pelágicas y bentónicas
	Acidificación oceánica (secciones 28.2.2, 28.3.2)	Superación de los límites de tolerancia de las especies endémicas. Impactos en la formación del exoesqueleto de algunas especies y alteración de las propiedades fisiológicas y de comportamiento durante el desarrollo larvario	Pérdida localizada de especies endémicas, impactos locales en las redes alimentarias marinas	Descenso localizado de la pesca comercial. Disminución local de peces, mariscos, aves marinas y mamíferos marinos
	Variaciones en los límites de las ecorregiones marinas debidas al aumento de la temperatura del agua, variaciones en el espesor de la capa de mezcla, cambios en la distribución e intensidad de las corrientes oceánicas (secciones 28.2.2, 28.3.2)	Son especialmente vulnerables los organismos marinos que son susceptibles a las variaciones espaciales	Riesgo de cambios en la estructura y la función de los sistemas marinos y de posibles invasiones de especies	Controversias suscitadas por la pesca internacional y el reparto de las reservas pesqueras

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RC-1 (continuación)

	Peligros	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes
Regiones polares (continuación) (capítulo 28)	Disminución del hielo marino, cambios en las pautas temporales y el estado de la nieve y el hielo, menor previsibilidad del tiempo (secciones 28.1, 28.4.1)	Muchas fuentes tradicionales de alimentos de subsistencia, especialmente para los pueblos indígenas, como mamíferos marinos y terrestres del Ártico, peces y aves acuáticas. Son susceptibles a estos peligros diversos medios de subsistencia tradicionales	Riesgo de pérdida de hábitats y modificación de los patrones migratorios de especies marinas	Aumento del riesgo para la seguridad alimentaria y la nutrición básica, especialmente en las poblaciones indígenas, por lo que se refiere a la pérdida de alimentos de subsistencia y mayor riesgo para la salud y la seguridad de los cazadores, pastores y pescadores de subsistencia a medida que cambia el estado del hielo
	Aumento de las inundaciones fluviales y marinas y erosión y descongelación del permafrost (secciones 28.2.4, 28.3.1, 28.3.4)	Exposición de las comunidades rurales y remotas, así como de las comunidades urbanas, de las zonas árticas bajas. Susceptibilidad y capacidad de resistencia limitada del abastecimiento de agua en las comunidades como consecuencia de posibles daños en la infraestructura	Daños en la infraestructura comunitaria y de sanidad pública, con las consiguientes enfermedades debidas a la contaminación y la intrusión del agua del mar	La disminución de la cantidad y la calidad del agua puede elevar las tasas de infección, otros problemas médicos y hospitalización
	Tiempo extremo y en rápida evolución, fenómenos meteorológicos y de precipitación intensos, rápida fusión de la nieve y el hielo, cambios en las condiciones del hielo de los ríos y mares, deshielo del permafrost (sección 28.2.4)	Son especialmente susceptibles las personas que subsisten de los viajes y la caza, el pastoreo y la pesca, por ejemplo los pueblos indígenas de comunidades remotas y aisladas	Accidentes, lesiones físicas y mentales, muerte, y exposición al frío y lesiones y enfermedades relacionadas con el frío	El mayor riesgo para la seguridad en los viajes o las actividades de caza, pastoreo y pesca de subsistencia afecta a los medios de subsistencia y el bienestar
	Disminución del hielo marino; descongelación anticipada del hielo marino; aceleración de la desaparición del hielo marino; menor espesor y previsibilidad del hielo en general; mayor variabilidad en la fusión o congelación de la nieve, en el hielo, los vientos, las temperaturas y la precipitación (secciones 28.2.5, 28.2.6, 28.4.1)	Los medios de subsistencia de muchos pueblos indígenas (como los inuit y los saami) dependen de la caza de subsistencia y del acceso a animales y las condiciones favorables de estos. Estos medios de subsistencia son susceptibles. También lo son los ecosistemas marinos (p. ej., para los mamíferos marinos)	Riesgo de pérdida de medios de subsistencia y daños, por ejemplo al resultar más difícil el acceso a mamíferos marinos a raíz de la reducción del hielo marino (riesgo para los inuit) y al perder los renos el acceso a forraje cubierto por nieve a causa de las capas de hielo formadas por la subida de las temperaturas invernales y por la lluvia caída sobre la nieve (riesgo para los saami)	Mayor riesgo de pérdida de medios de subsistencia y de la cultura de un número en aumento de personas indígenas, agravado por la pérdida en aumento de tierras y hielo marino con fines de caza, pastoreo y pesca a causa del incremento de las prospecciones petrolíferas y de minerales y del aumento del tráfico marítimo
Islas pequeñas (capítulo 29)	Aumento de intensidad de los ciclones tropicales (GTI IE5, secciones 14.6, 14.8.4)	Diversos países y comunidades son vulnerables a estos peligros por su gran dependencia de los sistemas naturales y ecológicos para la seguridad de sus asentamientos y el turismo (sección 29.3.1), la salud humana (sección 29.3.3.2) y los recursos hídricos (sección 29.3.2)	Riesgo de pérdida de ecosistemas, asentamientos e infraestructura, así como consecuencias negativas en la salud humana y las economías insulares (figura 29-4)	Mayor riesgo de interacciones de daños en los ecosistemas, los asentamientos, las economías insulares y riesgos para la vida humana (sección 29.6; figura 29-4)
	Calentamiento y acidificación oceánicos que causan la decoloración de los corales (secciones 29.3.1.2, 30.5.4.2, 30.5.6.1.1, 30.5.6.2)	Las comunidades de las islas tropicales dependen en sumo grado de los ecosistemas de arrecifes de coral en cuanto a sus estilos de vida de subsistencia, su seguridad alimentaria, la protección costera y la actividad económica del turismo de playa y corales, por lo que son muy susceptibles al peligro de decoloración de los corales (secciones 29.3.1.2, 30.6.2.1.2)	Riesgo de deterioro y posible pérdida de ecosistemas coralinos como consecuencia del estrés térmico. Riesgo de daños graves y pérdidas de estilos de vida de subsistencia. Riesgo de pérdida de protección costera y playas, riesgo de pérdida de ingresos turísticos (secciones 29.3.1.1, 29.3.1.2)	Repercusión en la salud humana y pérdida de estilos de vida de subsistencia. Posible aumento de la migración interna y la urbanización (sección 29.3.3.3; capítulo 9)
	Elevación del nivel del mar (secciones 29.3.1.1, 30.3.1.2; GTI IE5, sección 3.7.1)	Muchas comunidades de islas pequeñas, junto con sus asentamientos e infraestructura, ocupan zonas costeras bajas (exposición alta) y son vulnerables al aumento de inundaciones, la erosión y la incursión de olas (secciones 5.3.2, 29.3.1.1; figura 29-2)	Riesgo de pérdidas y daños debidos a la subida del nivel del mar en las comunidades de islas pequeñas. Es probable que en el curso del siglo XXI el nivel medio global del mar suba de 0,35 a 0,70 m conforme a la trayectoria de concentración representativa (RCP) 4,5, lo cual pone en peligro las zonas costeras bajas y los atolones (sección 29.4.3, cuadro 29-1; GTI IE5, sección 13.5.1, cuadro 13.5)	Con la progresión acumulada al alza de los niveles de referencia del mar se produce un aumento de la frecuencia y la amplitud de las inundaciones marinas durante las mareas altas y mareas meteorológicas episódicas. Con ello, los suelos y los recursos de agua dulce subterránea podrían dejar de ser aptos para el consumo humano antes de que las zonas bajas se inunden de forma permanente (secciones 29.3.1.1, 29.3.2, 29.3.3.1, 29.5.1)

Continúa en la página siguiente →

Cuadro RC-1 (continuación)

Peligros	Vulnerabilidades clave	Riesgos clave	Riesgos emergentes	
El océano (capítulo 30)	Aumento de las temperaturas oceánicas. Mayor frecuencia de registros térmicos extremos	Son especialmente susceptibles los corales y otros organismos cuyos límites de tolerancia quedan superados (especialmente los sistemas en los límites costeros, los giros subtropicales, los mares semicerrados y las regiones oceánicas de los sistemas de afloramiento equatorial) (secciones 6.2.2.1, 6.2.2.2, 30.5.2, 30.5.4, 30.5.5; recuadros CC-AC, 30.5.6, CC-AO)	Riesgo de mayor decoloración y mortandad de corales en masa (pérdida de capa de coral), junto con graves riesgos para la pesca costera, el turismo y la protección de la costa (secciones 6.3.2, 6.3.5, 5.4.2.4, 7.2.1.2, 6.4.1.4, 29.3.1.2, 30.5.2, 30.5.3, 30.5.4, 30.5.5; recuadro CC-AC)	Pérdida de sistemas de arrecifes costeros, riesgo de menor seguridad alimentaria y disminución de los medios de subsistencia y de la protección de la costa (secciones 7.2.1.2, 30.6.2.1, 30.6.5)
		Son especialmente vulnerables las especies y ecosistemas marinos, así como la pesca y los medios de subsistencia costeros y el turismo, que no pueden soportar los cambios de temperatura ni los cambios en la distribución ni adaptarse a ellos, especialmente en los sistemas de afloramiento primaveral en latitudes elevadas; los sistemas en los límites costeros, los giros subtropicales y los ecosistemas de los afloramientos en las zonas costeras orientales (secciones 6.3.2, 6.3.4, 7.3.2.6, 30.5; recuadro CC-BM)	Riesgo para la pesca y los medios de subsistencia costeros. Las oportunidades pesqueras varían en función de las fluctuaciones en la abundancia de poblaciones de peces; mayor riesgo de enfermedades y de especies invasivas que repercuten en los ecosistemas y la pesca (secciones 6.3.5, 6.4.1.1, 6.5.3, 7.3.2.6, 7.4.2, 29.5.3, 29.5.4)	Puede presentarse un riesgo considerable de derrumbe de la actividad pesquera en la medida en que se supere la capacidad de la pesca de resistir a lo siguiente: a) cambios fundamentales en la composición de la pesca y b) un aumento de la migración de enfermedades y otros organismos (secciones 6.5.3, 7.5.1.1.3)
		Son especialmente vulnerables los ecosistemas y comunidades costeros que podrían estar expuestos a tasas elevadas de respiración microbiana, a raíz de lo cual disminuiría el oxígeno en las zonas profundas y se expandirían las zonas muertas (en particular en los afloramientos en las zonas costeras orientales, los mares semicerrados y los sistemas de afloramiento equatorial)	Riesgo de pérdida de hábitats y recursos pesqueros, así como de especies pesqueras fundamentales. La disminución de los niveles de oxígeno tiene repercusiones en los ecosistemas (p. ej., pérdida de hábitats) y organismos (p. ej., la actividad fisiológica de los peces), con lo que disminuyen las capturas de especies pesqueras fundamentales	Mayor riesgo de pérdida de medios de subsistencia
		La vida en las profundidades marinas es sensible a los peligros y los cambios, en vista de la constancia de las condiciones en que ha evolucionado (30.1.3.1.3, 30.5.2, 30.5.5)	El riesgo de cambios fundamentales en las condiciones características de las profundidades marinas (p. ej., oxígeno, pH, carbonatos, CO <sub>2</sub> , temperatura) dan lugar a cambios fundamentales que producen cambios a gran escala en la totalidad del océano (secciones 30.1.3.1.3, 30.5.2, 30.5.5; recuadros CC-AF, CC-PP)	Los cambios en las profundidades oceánicas pueden ser preludio de cambios en todos los océanos con repercusiones planetarias
Aumento de la acidificación oceánica	Sistemas de arrecifes, corales y ecosistemas costeros expuestos a una tasa menor de calcificación y un mayor grado de descalcificación, con lo cual pueden perderse sistemas de arrecifes de carbonato, corales, moluscos y otros agentes calcificantes en regiones clave, como los sistemas en los límites costeros y los giros subtropicales (sección 6.2.2.2)	Riesgo de alteración de servicios ecosistémicos, incluidos riesgos en el suministro de alimentos que repercuten en la pesca y la acuicultura (secciones 6.2.5.3, 7.2.1.2, 7.3.2, 7.4.2)	Los ingresos y los medios de subsistencia de las comunidades disminuyen a la par que la productividad de la pesca y la acuicultura (secciones 7.5.1.1.3, 30.6)	
	Los organismos marinos susceptibles de cambios en el pH y la combinación química de los carbonatos sufren un gran número de cambios en su fisiología y su ecología (especialmente en las regiones de los sistemas en los límites costeros, los giros subtropicales y los mares semicerrados) (secciones 6.2.5, 6.3.4, 30.3.2.2)	Surge el riesgo de variaciones esenciales en la composición de los ecosistemas y la función de los organismos, lo cual comporta cambios amplios y fundamentales. Los ingresos y los medios de subsistencia de las comunidades dependientes se ven afectados a medida que los bienes y servicios ecosistémicos se deterioran; la perspectiva de recuperación puede ser de cientos de miles de años (sección 6.1.1.2)	El riesgo para los ecosistemas y los medios de subsistencia aumenta con la posible interacción del calentamiento y la acidificación oceánicos, generando impactos que se desconocen (sección CC-AO)	
	Los sistemas costeros cada vez están más expuestos a afloramientos en algunas zonas, con lo cual se observan períodos de CO <sub>2</sub> alto y pH y O <sub>2</sub> bajos (recuadro CC-AF; secciones 6.2.2.2, 6.2.5.3)	Riesgo de pérdidas y daños en las operaciones pesqueras y acuáticas y los correspondientes medios de subsistencia (p. ej., en el cultivo de ostras), especialmente cuando están expuestos periódicamente a condiciones perjudiciales durante afloramientos acusados, lo cual desencadena respuestas de adaptación (sección 30.6.2.1.4)	El pH subyacente y la composición de carbonatos suponen una presencia constante de condiciones nocivas (deja de ser posible evitar repercusiones mediante la adaptación) (sección 30.6.2.1.4)	
Mayor estratificación como consecuencia del calentamiento oceánico; menor ventilación	Los ecosistemas oceánicos son vulnerables como consecuencia de la menor regeneración de nutrientes en virtud de la reducción de la interacción entre el océano y su superficie (sistemas de afloramiento equatorial, giros subtropicales y afloramientos en las zonas costeras orientales) (secciones 6.2, 6.3, 6.5, 30.5.2, 30.5.4, 30.5.5)	Riesgo de pérdidas de productividad de los océanos y de los correspondientes impactos negativos en la pesca. Disminuye la concentración de nutrientes inorgánicos en las capas superiores del océano, con lo cual descienden las tasas de productividad primaria (recuadro CC-PP)	La disminución de la productividad primaria del océano afecta a la productividad pesquera, con lo cual disminuyen las tasas de capturas y se ven afectados los medios de subsistencia (sección 6.4.1.1; recuadro CC-PP)	
	Ecosistemas y organismos sensibles a la disminución de los niveles de oxígeno (secciones 30.5.2, 30.5.3, 30.5.5, 30.5.6, 30.5.7)	Mayor riesgo de zonas muertas (hipóxicas), con lo cual se reducen importantes ecosistemas y hábitats pesqueros (secciones 6.1.1.3, 30.3.2.3)		
Cambios en los vientos, la altura de las olas y la intensidad de las tormentas	La infraestructura naviera e industrial es vulnerable a la intensidad de las olas y tormentas (sección 30.6.2)	Riesgo de que aumenten las pérdidas y los daños de la infraestructura naviera e industrial	Aumenta el riesgo de accidentes para las empresas, como las navieras, así como para la extracción de petróleo, gas y minerales en las profundidades marinas	

El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:

**Birkmann, J., R. Licker, M. Oppenheimer, M. Campos, R. Warren, G. Luber, B.C. O'Neill y K. Takahashi, 2014: Recuadro multicapítulos sobre selección de los peligros, las vulnerabilidades clave, los riesgos clave y los riesgos emergentes determinados en la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.123-131 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).**



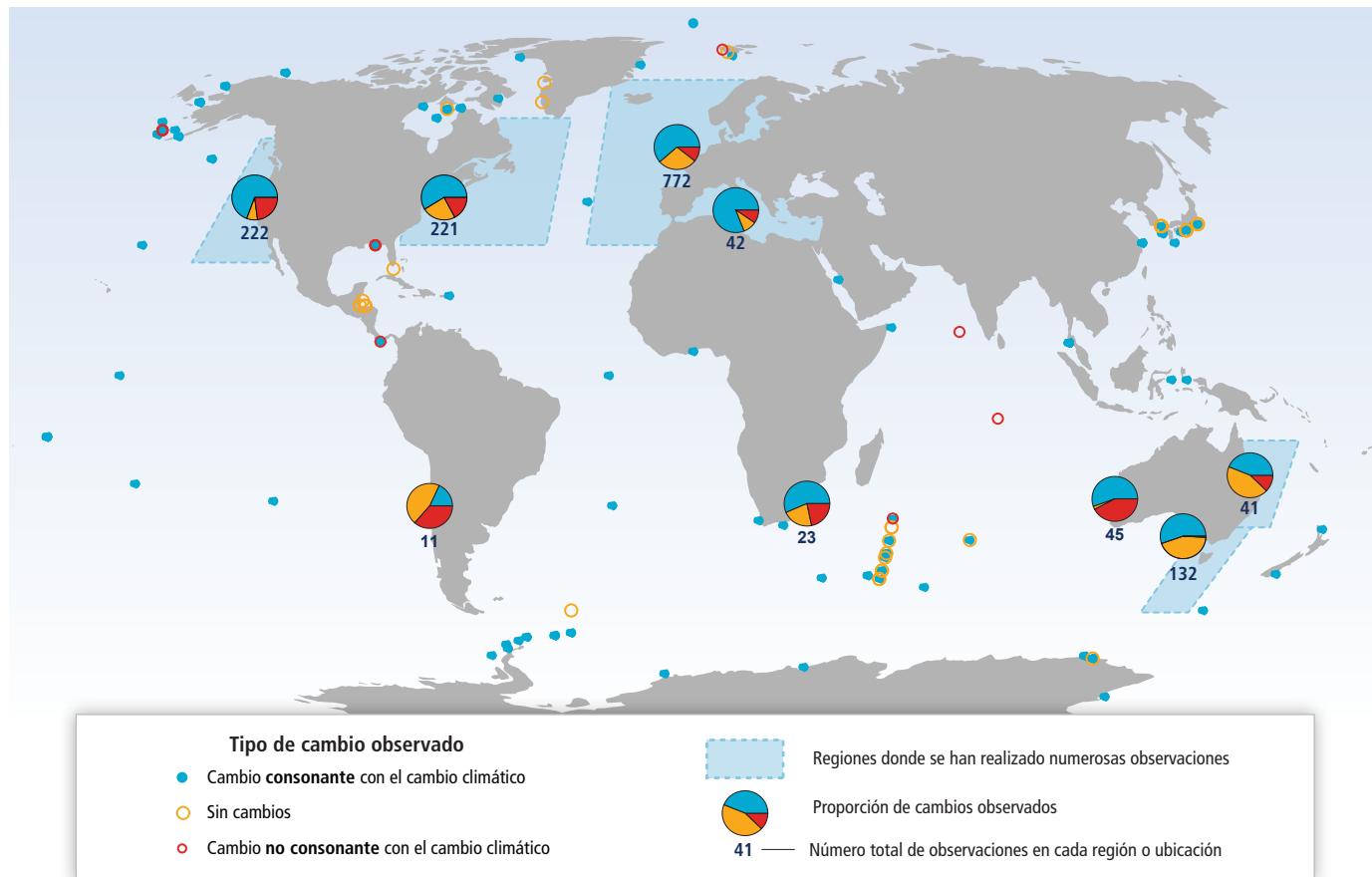
# Respuestas globales observadas de la biogeografía, la abundancia y la fenología marinas ante el cambio climático

Elvira Poloczanska (Australia), Ove Hoegh-Guldberg (Australia), William Cheung (Canadá), Hans-Otto Pörtner (Alemania), Michael T. Burrows (Reino Unido)

En la contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación (GTII IE4) del IPCC se presentó la detección de la huella global en los sistemas naturales, así como su atribución al cambio climático (GTII IE4, capítulo 1, RRP figura 1), pero los estudios de los sistemas marinos eran casi inexistentes. Desde entonces, han aumentado con rapidez los estudios centrados en los impactos del cambio climático en las especies marinas, lo que ofrece la oportunidad de pasar de la acumulación de pruebas circunstanciales al examen de los cambios biológicos detectados en los océanos y su posible atribución al cambio climático (sección 6.3; figura BM-1). Los recientes cambios en las poblaciones de especies marinas y las consiguientes modificaciones de los patrones de diversidad son consecuencia, al menos en parte, de las respuestas biológicas determinadas por el cambio climático en distintas regiones oceánicas (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto, nivel de confianza alto*, secciones 6.2, 30.5; cuadro 6-7).

En Poloczanska y otros (2013) se evalúan los posibles patrones de respuesta de la vida oceánica al cambio climático reciente mediante una base de datos mundial integrada por 208 trabajos revisados por expertos. Se registraron las respuestas observadas ( $n = 1735$ ) en 857 especies o conjuntos de especies de regiones y grupos taxonómicos diversos, desde el fitoplancton a reptiles y mamíferos marinos (figura BM-1). Las observaciones se definieron como aquellas recogidas en un documento particular en el que se determinaba el cambio de un parámetro biológico (como la distribución, la fenología, la abundancia, la demografía o la composición de la comunidad) y, de producirse el cambio, su coincidencia con el que cabía prever en condiciones de cambio climático. Se seleccionaron estudios de publicaciones revisadas por expertos a partir de tres criterios: 1) los autores dedujeron o ensayaron directamente las tendencias de las variables biológicas y climáticas; 2) los autores incorporaron datos posteriores a 1990; y 3) las observaciones abarcaban como mínimo 19 años, a fin de reducir los sesgos resultantes de las respuestas biológicas a la variabilidad climática a corto plazo.

De los resultados de este metaanálisis se deduce que el cambio climático ya ha tenido un impacto generalizado en la distribución, la abundancia y la fenología de las especies y, ulteriormente, en la riqueza y composición de la comunidad en una amplia gama de grupos taxonómicos (desde el plancton hasta los depredadores finales). De las observaciones en que se apreciaba una respuesta en una u otra dirección, los cambios en la fenología, la distribución y la abundancia (81%) coincidían abrumadoramente con las respuestas teóricas al cambio climático (sección 6.2). Existen lagunas de conocimiento, especialmente en las subregiones ecuatoriales y en el hemisferio sur (figura BM-1).

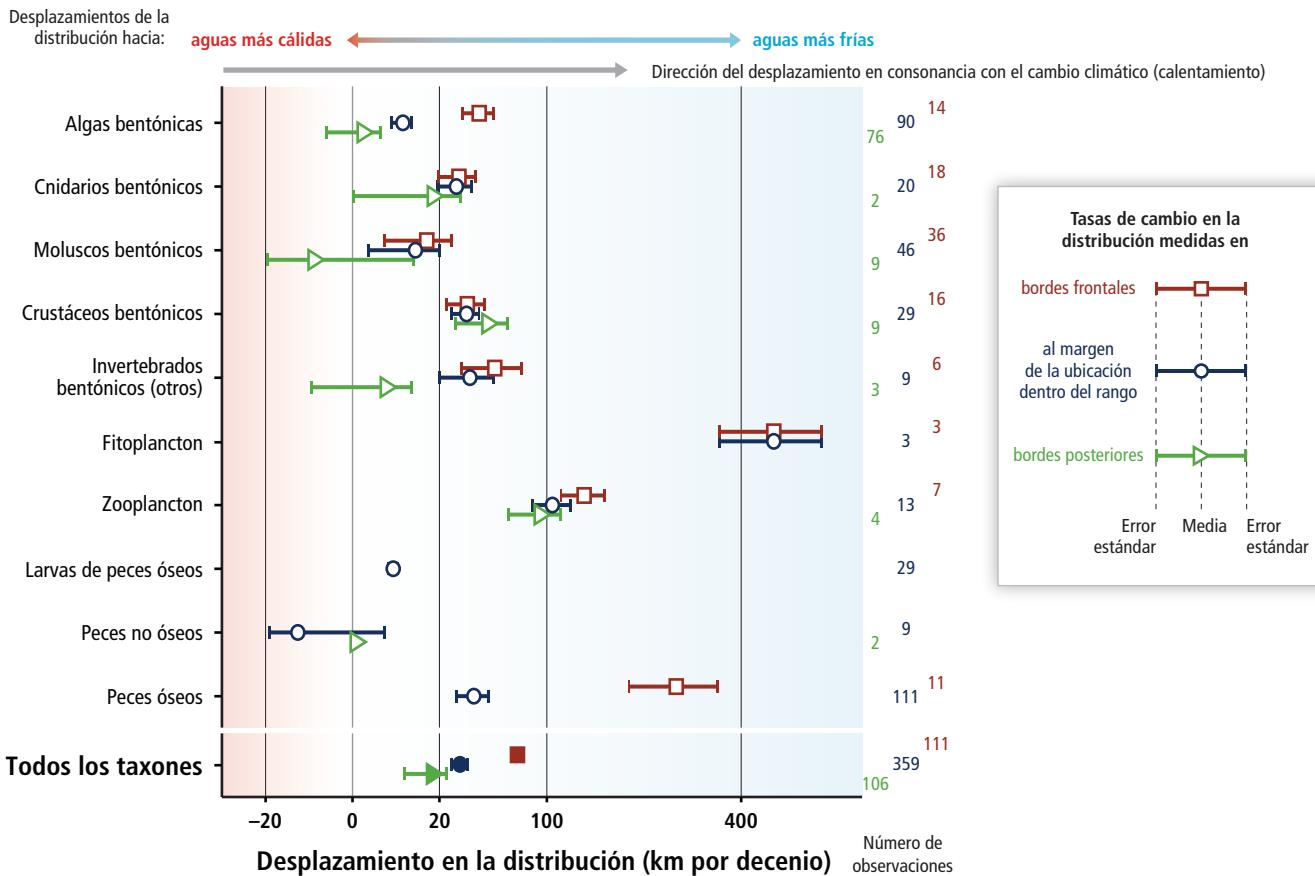


**Figura BM-1** | 1 735 respuestas al cambio climático observadas a partir de 208 estudios de una única especie o de varias. Los datos indican los cambios en los que existe atribución, al menos en parte, al cambio climático (azul), los que no son consonantes con el cambio climático (rojo) y los casos en que no ha habido cambio (naranja). Cada círculo representa el centro de una zona de estudio. Cuando los puntos están situados sobre tierra, se trata de centroides de distribución que rodean una isla o una península. Los estudios van de zonas con un solo sitio (como una colonia de cría de aves acuáticas) a extensas regiones oceánicas (p. ej., registros continuos de plancton en el Atlántico nororiental). En las regiones sombreadas en azul y las ubicaciones donde es alto el número de observaciones los gráficos circulares resumen las proporciones relativas de los tres tipos de cambio observado (en consonancia con el cambio climático, en disonancia con él o sin cambio) en esas regiones o ubicaciones. En los números se indican las observaciones totales correspondientes a cada región o ubicación. Nota: El 57% de los estudios incluidos se publicaron después del Cuarto Informe de Evaluación (de Poloczanska y otros, 2013).

El calendario de la manifestación de muchos procesos biológicos (fenología) se había adelantado. Por ejemplo, en los últimos 50 años los procesos primaverales de muchas especies se adelantaron en una media de  $4,4 \pm 0,7$  días por decenio (media  $\pm$  error estándar) y los procesos estivales  $4,4 \pm 1,1$  días por decenio (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto, nivel de confianza alto*) (figura BM-2). Las observaciones fenológicas incluidas en el presente estudio van de desplazamientos en los registros máximos de la abundancia de fitoplancton y zooplancton a la reproducción y migración de invertebrados, peces y aves marinas (secciones 6.3.2, 30.5).

La distribución de especies bentónicas, pelágicas y demersales se ha desplazado hasta 1 000 kilómetros, si bien los desplazamientos del rango de distribución no han sido uniformes entre los distintos grupos taxonómicos o regiones oceánicas (secciones 6.3.2, 30.5) (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto, nivel de confianza alto*). En general, los bordes frontales del rango se ampliaron hacia los polos a razón de  $72,0 \pm 13,5$  km por decenio, mientras que los bordes posteriores se contrajeron hacia los polos a razón de  $15,8 \pm 8,7$  km por decenio (figura BM-2), lo cual viene a indicar que las actuales tasas de migración son muy superiores a las posibles tasas máximas determinadas en relación con las especies terrestres (figura 4-6), pese a que el océano se calienta con más lentitud que la superficie terrestre (GTI sección 3.2).

A raíz de los desplazamientos de la distribución hacia los polos ha aumentado la proliferación de especies en regiones de latitudes medias a altas (Hiddink y ter Hofstede, 2008) y ha variado la estructura de las comunidades (Simpson y otros, 2011; véase también la sección 28.2.2). En las aguas cálidas de las regiones oceánicas de latitud media a alta, con inclusión del mar de Bering, el mar de Barents, el mar Nòrdico, el mar del Norte y el mar de Tasmania, se han observado aumentos de los componentes de las comunidades propios de aguas calientes, lo que se corresponde con el calentamiento regional (recuadro 6.1; sección 30.5). Los cambios observados en la composición de especies de las capturas de 1970 a 2006 que se atribuyen en parte al calentamiento oceánico a largo plazo dan a entender que en regiones subtropicales y latitudes superiores cada vez predominan más las especies de aguas más cálidas, mientras que en las aguas ecuatoriales son menos abundantes las especies subtropicales (Cheung y otros, 2013), lo cual repercute en la pesca (secciones 6.5, 7.4.2, 30.6.2.1).



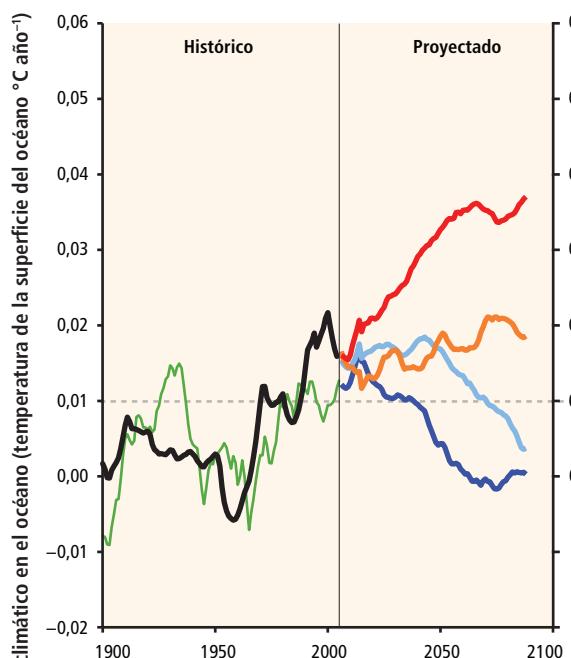
**Figura BM-2** | Tasas de cambio en la distribución (kilómetros por decenio) de los grupos taxonómicos marinos, medidas en los bordes frontales (rojo) y posteriores (verde). Los desplazamientos medios de la distribución se calcularon a partir de todos los datos, independientemente de su situación en el rango, y aparecen en azul oscuro. Los desplazamientos de la distribución se han elevado a la raíz cuadrada, por lo que puede que los errores estándar sean asimétricos. Los cambios positivos en la distribución están en consonancia con el calentamiento (hacia aguas antes más frías, por lo general con dirección a los polos). Se indican los valores medios ± error estándar, junto con el número de observaciones. Los peces no óseos incluyen tiburones, rayas, lampreas y mixinos (de Poloczanska y otros, 2013).

La magnitud y la dirección de los cambios en la distribución pueden relacionarse con las velocidades de las temperaturas (es decir, la rapidez y orientación de la propagación de las isoterma sobre la superficie oceánica) (sección 30.3.1.1; Burrows y otros, 2011). Pinsky y otros (2013) demostraron que los desplazamientos de los peces y crustáceos bentónicos en latitud y en profundidad pueden explicarse con notable precisión por la velocidad climática a partir de una base de datos de 128 millones de especímenes de 360 taxones marinos procedentes de estudios de las aguas costeras de América del Norte realizados de 1968 a 2011. Poloczanska y otros (2013) constataron que, por lo general, la distribución suele desplazarse con más rapidez en las regiones donde es mayor la velocidad de la temperatura en superficie, como el mar del Norte y la parte subártica del océano Pacífico. Mediante los desplazamientos de especies marinas observados desde aproximadamente los años cincuenta se ha podido, por lo general, rastrear las velocidades observadas (figura BM-3), con distribuciones del fitoplancton y el zooplancton que han superado con mucho las velocidades climáticas observadas en la mayor parte de la superficie oceánica, si bien ha sido considerable la variabilidad dentro de un mismo grupo taxonómico o entre varios de ellos (Poloczanska y otros, 2013).

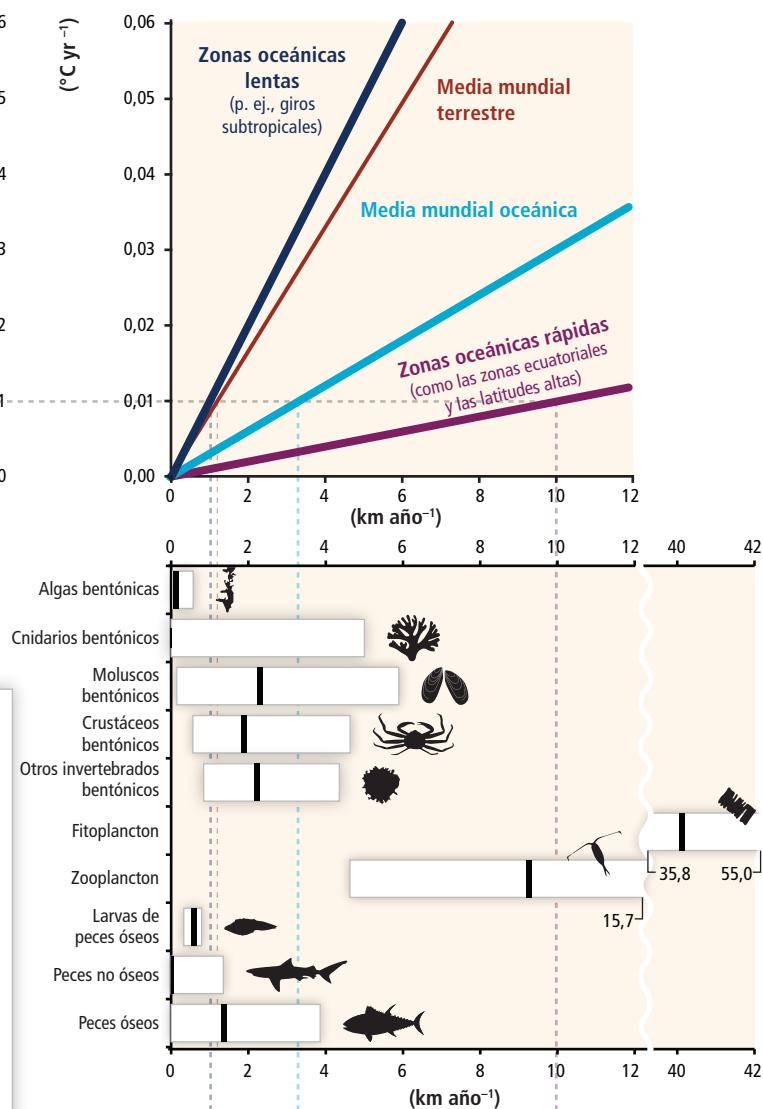
Los desplazamientos biogeográficos también están determinados por otros factores como las corrientes, los cambios en los nutrientes y la estratificación, los niveles de luz, el hielo marino, las interacciones entre especies, la disponibilidad de hábitats y la pesca, algunos de los cuales pueden verse influidos de manera independiente por el cambio climático (sección 6.3). La tasa y los patrones de los desplazamientos biogeográficos de los organismos sedentarios y las microalgas bentónicas se ven complicadas por la influencia de las dinámicas locales y los rasgos topográficos, por ejemplo islas, canales, lagunas costeras, como las del Mediterráneo (Bianchi, 2007), o los afloramientos costeros (Lima y otros, 2007). Los obstáculos geográficos limitan los desplazamientos del rango y pueden provocar pérdidas de las especies endémicas (Ben Rais Lasram y otros, 2010), cuyo nicho pasan a ocuparlo especies alóctonas que migran naturalmente o se introducen de forma artificial (Philippart y otros, 2011).

Una incertidumbre esencial consiste en determinar si las especies marinas pueden seguir el ritmo a medida que se intensifique el calentamiento y, con ello, aumenten las velocidades climáticas (figura BM-3b). Se prevé que el ritmo de las velocidades climáticas en tierra supere este siglo la capacidad de acompañamiento de muchas especies terrestres (sección 4.3.2.5; figura 4-6). En el caso de las especies marinas, las tasas observadas de desplazamiento son, por lo general, mucho más altas que las de las especies terrestres, especialmente en el caso de los productores primarios y los niveles tróficos inferiores (Poloczanska y otros, 2013). Las comunidades de fitoplancton y zooplancton (excluidas las larvas de peces) han ampliado su distribución a un ritmo notable (figura BM-3b), como en el Atlántico nororiental (sección 30.5.1), lo cual repercute en las redes marinas de alimentación.

## a) Escenarios de cambio climático



## b) Estimación de la velocidad climática para determinar el ritmo de desplazamiento



## a) Ritmo del cambio climático

Observado	RCP2,6
Histórico	RCP4,5
	RCP6,0
	RCP8,5

ejemplo de interpretación

## c) Tasas de desplazamiento de especies

Margen inferior (25º percentil)      Media      Margen superior (75º percentil)

Velocidad estimada a la que se ha desplazado el grupo de especies

Incapaz de acompañar      Capaz de acompañar



**Figura BM-3 |** a) Ritmo del cambio climático en el océano (temperatura superficial del mar °C año<sup>-1</sup>). b) Velocidades climáticas correspondientes para el océano y para la velocidad media en la superficie terrestre (adaptado de Burrows y otros, 2011). c) Ritmo observado del desplazamiento de grupos taxonómicos marinos, basado en observaciones de 1900 a 2010. Las líneas discontinuas ofrecen un ejemplo de interpretación. El ritmo de cambio climático de 0,01 °C año<sup>-1</sup> se corresponde con una media aproximada de 3,3 km año<sup>-1</sup> de velocidad climática en el océano. Cuando se comparan estos registros con las tasas de desplazamiento observadas (c) muchos grupos taxonómicos marinos han conseguido mantener estas velocidades. En el caso del fitoplancton y el zooplancton, las tasas de desplazamiento superan con creces la velocidad climática media en el océano, mientras que el fitoplancton supera las velocidades en las zonas rápidas del océano a razón de cerca de 10,0 km año<sup>-1</sup>. Todos los valores se calculan para la superficie oceánica, con excepción de los mares polares (figura 30-1a). a) El ritmo observado del cambio climático para la temperatura de la superficie del océano (línea verde) procede de la base de datos SST 1.1 interpolada del Centro Hadley (HadISST1.1), mientras que las demás tasas se calculan sobre la base de la media de los conjuntos de modelos climáticos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) (cuadro SM30-3), para el período histórico y para el futuro a partir de los cuatro escenarios de trayectorias de concentración representativas (RCP). Los datos se suavizaron empleando una ventana deslizante de 20 años. b) La velocidad climática media en la superficie oceánica mundial (línea azul claro, excluidos los mares polares) se calculó partiendo del conjunto de datos HadSST1.1 para el período 1960-2009 a partir de los métodos de Burrows y otros (2011). Se indican las velocidades medias representativas de regiones oceánicas de velocidades lentas, como los giros subtropicales del Pacífico (línea azul oscuro), y de velocidades altas, como el Triángulo de Coral y el mar del Norte (línea morada). Las tasas medias en la superficie terrestre mundial (línea roja) de 1960 a 2009 se calcularon mediante la base de datos de la Unidad de investigación climática CRU TS3.1. En la figura 30-3 se indican las velocidades climáticas en la superficie oceánica calculadas de 1960 a 2009. c) Tasas de desplazamiento de los grupos taxonómicos marinos estimadas por Poloczanska y otros (2013) a partir de estudios publicados. Obsérvese que las tasas de desplazamiento del fitoplancton superan el eje, por lo que se indican los valores.

Los desplazamientos del rango geográfico y la distribución en profundidad varían en función de las especies marinas coexistentes (Genner y otros, 2004; Perry y otros, 2005; Simpson y otros, 2011) como consecuencia de la amplitud de las horquillas termales de cada especie y de las vulnerabilidades conexas (figura 6-5). En consecuencia, el calentamiento provoca cambios diferenciales en el crecimiento, el éxito reproductivo, la producción de larvas, la supervivencia de los juveniles tempranos y su renovación, todo lo cual comporta variaciones en el rendimiento relativo de las especies animales y, por consiguiente, en su competitividad (Pörtner y Farrell, 2008; figura 6-7A). Esos efectos pueden estar en la base de las pérdidas de abundancia o extinciones locales, los “desplazamientos de régimen” entre especies coexistentes o desajustes esenciales entre los organismos depredadores y presas, con lo cual se modifica a escala local y regional la riqueza de especies y su abundancia, la composición de las comunidades, la productividad, los flujos de energía y la resistencia a las invasiones. Incluso entre los estenotermos antárticos existen diferencias de respuesta biológica derivadas del modo de vida, la filogenia y las capacidades metabólicas conexas (sección 6.3.1.4). Como consecuencia de ello, puede que a escala regional se reorganicen a fondo las funciones de los ecosistemas marinos, lo cual puede provocar reacciones en cadena (Hoegh-Guldberg y Bruno, 2010). Centrándose en el entendimiento de los mecanismos en que se sustentan el carácter y la magnitud de las respuestas de los organismos marinos al cambio climático se pueden prever los impactos y los costos conexos para la sociedad, así como facilitar estrategias de gestión adaptativa para mitigar los impactos (secciones 6.3, 6.4).

## Bibliografía

- Ben Rais Lasram**, F., F. Guilhaumon, C. Albouy, S. Somot, W. Thuiller, y D. Mouillot, 2010: The Mediterranean Sea as a ‘cul-de-sac’ for endemic fishes facing climate change. *Global Change Biology*, **16**, 3233-3245.
- Bianchi**, C.N., 2007: Biodiversity issues for the forthcoming Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, **580**, 7-21.
- Burrows**, M.T., D.S. Schoeman, L.B. Buckley, P.J. Moore, E.S. Poloczanska, K. Brander, K., C.J. Brown, J.F. Bruno, C.M. Duarte, B.S. Halpern, J. Holding, C.V. Kappel, W. Kiessling, M.I. O'Connor, J.M. Pandolfi, C. Parmesan, F. Schwing, W.J. Sydeman y A.J. Richardson, 2011: The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. *Science*, **334**, 652-655.
- Cheung**, W.W.L., R. Watson, y D. Pauly, 2013: Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, **497(7449)**, 365-368.
- Genner**, M.J., D.W. Sims, V.J. Wearmouth, E.J. Southall, A.J. Southward, P.A. Henderson, y S.J. Hawkins, 2004: Regional climatic warming drives long-term community changes of British marine fish. *Proceedings of the Royal Society B*, **271(1539)**, 655-661.
- Hiddink**, J.G. y R. ter Hofstede, 2008: Climate induced increases in species richness of marine fishes. *Global Change Biology*, **14**, 453-460.
- Hoegh-Guldberg**, O. y J.F. Bruno, 2010: The impact of climate change on the world’s marine ecosystems. *Science*, **328**, 1523-1528.
- Lima**, F.P., P.A. Ribeiro, N. Queiroz, S.J. Hawkins y A.M. Santos, 2007: Do distributional shifts of northern and southern species of algae match the warming pattern? *Global Change Biology*, **13**, 2592-2604.
- Perry**, A.L., P.J. Low, J.R. Ellis y J.D. Reynolds, 2005: Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science*, **308(5730)**, 1912-1915.
- Philippart**, C.J.M., R. Anadon, R. Danovaro, J.W. Dippner, K.F. Drinkwater, S.J. Hawkins, T. Oguz, G. O’Sullivan y P.C. Reid, 2011: Impacts of climate change on European marine ecosystems: observations, expectations and indicators. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **400**, 52-69.
- Pinsky**, M.L., B. Worm, M.J. Fogarty, J.L. Sarmiento y S.A. Levin, 2013: Marine taxa track local climate velocities. *Science*, **341**, 1239-1242.
- Pörtner**, H.O. y A.P. Farrell, 2008: Physiology and climate change. *Science*, **322(5902)**, 690-692.
- 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. *Nature Climate Change*, **3**, 919-925.
- 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**, 1565-1570.

El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:

**Poloczanska**, E.S., O. Hoegh-Guldberg, W. Cheung, H.-O. Pörtner y M. Burrows, 2014: Recuadro multicapítulos sobre respuestas globales observadas de la biogeografía, la abundancia y la fenología marinas ante el cambio climático. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.133-137 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).



# Acidificación del océano

Jean-Pierre Gattuso (Francia), Peter G. Brewer (Estados Unidos de América), Ove Hoegh-Guldberg (Australia), Joan A. Kleypas (Estados Unidos de América), Hans-Otto Pörtner (Alemania), Daniela N. Schmidt (Reino Unido)

La acidificación oceánica y el calentamiento global antropógenos obedecen a una misma causa, que es el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico (figura AO-1A; GTI, sección 2.2.1). La eutrofización, la pérdida de hielo marino, los afloramientos y la deposición de nitrógeno y azufre atmosféricos agravan la acidificación oceánica a escala local (secciones 5.3.3.6, 6.1.1, 30.3.2.2).

## Química y proyecciones

Es conocido el proceso químico fundamental de la acidificación oceánica (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). El incremento de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> genera un mayor flujo de este elemento en un océano levemente alcalino, con lo que disminuyen el pH, la concentración del ion carbonato y la capacidad del agua de mar de tamponar los cambios en su química (*nivel de confianza muy alto*). Las modificaciones de la composición química de las capas superficiales en alta mar pueden proyectarse a escala global con gran precisión mediante proyecciones de los niveles atmosféricos del CO<sub>2</sub> (figura AO-1b). Las observaciones históricas de la química cambiante del CO<sub>2</sub> en la superficie oceánica corroboran esta relación (GTI cuadro 3.2 y figura 3.18; figuras 30-8, 30-9). Los cambios proyectados en la composición química del agua de superficie en alta mar para 2100 basados en trayectorias de concentración representativas (GTI figura 6.28) frente a los valores previos a la era industrial oscilan entre un cambio del pH de -0,14 unidades conforme al escenario de la trayectoria de concentración representativa (RCP) 2,6 (421 ppm CO<sub>2</sub>, +1 °C, 22% de reducción de la concentración del ion carbonato) a un cambio en el pH de -0,43 unidades conforme a la RCP8,5 (936 ppm CO<sub>2</sub>, +3,7 °C, 56% de reducción de la concentración del ion carbonato). Resultan más complejas las proyecciones de cambios regionales, especialmente en los sistemas costeros de gran complejidad (secciones 5.3.3.5, 30.3.2.2), en las regiones polares (GTI sección 6.4.4) y en las profundidades, pero las tendencias suelen ser semejantes.

## Impactos biológicos, ecológicos y biogeoquímicos

Las investigaciones del efecto de la acidificación oceánica en los organismos y ecosistemas marinos son relativamente recientes; proceden de varios metaanálisis realizados hace poco tiempo (secciones 6.3.2.1, 6.3.5.1). La gama de sensibilidades a las tasas previstas de acidificación oceánica dentro de un mismo grupo de organismos y entre grupos diversos es amplia; la sensibilidad suele ser mayor en las primeras fases vitales (*nivel de confianza alto*; secciones 5.4.2.2, 5.4.2.4, 6.3.2). Se perfila un patrón de impactos positivos y negativos (*nivel de confianza alto*; figura AO-1c), pero persisten incertidumbres fundamentales en nuestro entendimiento del impacto en los organismos, las historias vitales y los ecosistemas. Las respuestas pueden verse influidas, y a veces exacerbadas, por otros factores, como el calentamiento, la hipoxia, la concentración de nutrientes y la disponibilidad de luz (*nivel de confianza alto*; secciones 5.4.2.4, 6.3.5).

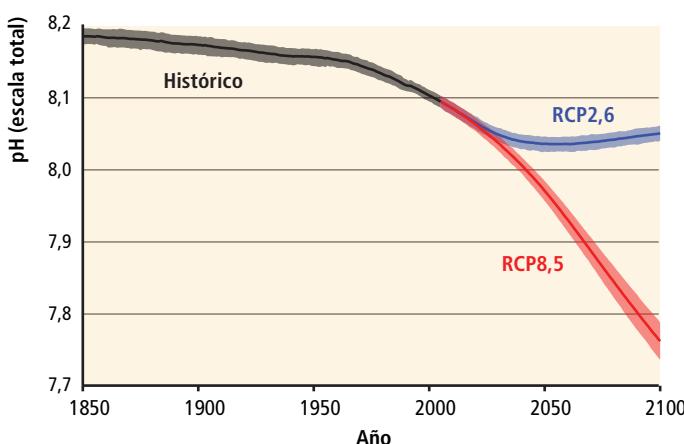
El crecimiento y la producción primaria de los pastos marinos y algunas especies de fitoplancton se ven estimulados (*nivel de confianza alto*; secciones 5.4.2.3, 6.3.2.2, 6.3.2.3, 30.5.6). Las proliferaciones de algas perjudiciales podrían resultar más frecuentes (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). La acidificación del océano puede estimular la fijación de nitrógeno (*evidencia limitada, nivel de acuerdo bajo*; 6.3.2.2). Asimismo, reduce la tasa de calcificación de la mayoría de los organismos calcificadores del suelo marino, aunque no de todos (*nivel de acuerdo medio, evidencia sólida*), como en el caso de los corales que forman arrecifes (recuadro CC-AC), las algas coralinas, los bivalvos y los gasterópodos, con lo que es menor su competitividad frente a los organismos no calcificadores (secciones 5.4.2.2, 5.4.2.4, 6.3.2.5). El calentamiento y la acidificación oceánicos promueven una mayor tasa de disolución del carbonato cálcico, que tiene por efecto una disolución neta de sedimentos y estructuras carbonatadas y la pérdida del correspondiente hábitat (*nivel de acuerdo medio*; 5.4.2.4, 6.3.2.5, 6.3.5.4). Algunos corales y peces de aguas templadas padecen trastornos en el comportamiento, la navegación y la capacidad de distinguir entre aquellos de su misma especie y los depredadores (sección 6.3.2.4). No obstante, no hay evidencia de que estos efectos persistan en escalas temporales evolutivas en los pocos grupos analizados (sección 6.3.2).

a)

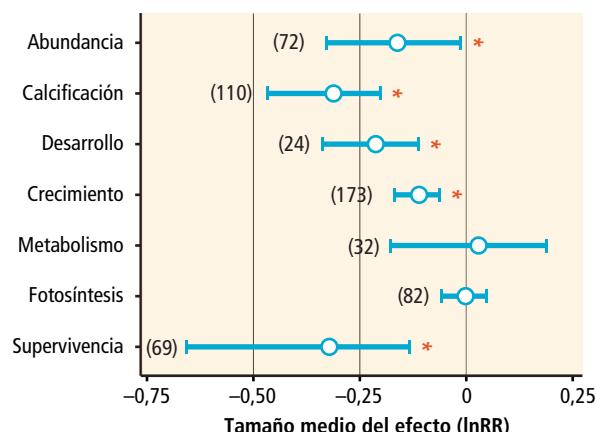


AO

b)



c)



**Figura AO-1 | a)** Visión general de los impactos químicos, biológicos y socioeconómicos de la acidificación del océano y de las opciones de política (adaptada de Turley y Gattuso, 2012). **b)** Series temporales simuladas basadas en múltiples modelos del pH medio global de la superficie oceánica (partiendo de la escala total), sobre la base de simulaciones de modelos climáticos de 1850 a 2100 de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5). Se indican las proyecciones en relación con los escenarios de emisión de las trayectorias de concentración representativas (RCP) 2,6 (azul) y RCP8,5 (roja) para la media multimodelos (líneas continuas) y el rango correspondiente a la distribución de las distintas simulaciones de modelos individuales (sombreado). El color negro (sombreado gris) representa la evolución histórica en los modelos, utilizando forzamientos históricos reconstruidos. Los modelos incluidos son los correspondientes a la CMIP5 que simulan el ciclo global del carbono a la vez que están determinados por las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> prescritas (GTI IE5 figuras RRP.7 y RT.20). **c)** Efecto de la acidificación en un futuro cercano (disminución del pH del agua marina  $\leq 0,5$  unidades) sobre las principales variables de respuesta, estimado mediante metaanálisis ponderados de los efectos aleatorios, a excepción de la supervivencia, que no está ponderada (Kroeker y otros, 2013). La transformación logarítmica del ratio de respuesta (lnRR) da la relación entre el efecto medio en el tratamiento de la acidificación y el efecto medio en un grupo de control. Indica el proceso que se ve afectado de forma más uniforme por la acidificación oceánica, pero existen grandes variaciones entre especies. Se consideran significantes los casos en que el intervalo de confianza del 95% tras aplicar el método "bootstrap" no cruza el cero. El número de experimentos utilizados en el análisis se muestra entre paréntesis. El asterisco \* denota el efecto estadísticamente significante.

Algunos tipos de fitoplancton y moluscos presentaban adaptación a la acidificación oceánica en experimentos a largo plazo (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*; sección 6.3.2.1), lo cual da la idea de que podría haber menos respuestas a largo plazo que en los experimentos a corto plazo. Sin embargo, en la historia del planeta las extinciones en masa han tenido lugar en el marco de tasas de acidificación oceánica mucho más lentas acompañadas de modificaciones de otros factores, lo cual viene a indicar que la velocidad de las tasas evolutivas no bastan para que los animales y plantas sensibles se adapten a la tasa prevista de cambio ulterior (*nivel de confianza medio*; sección 6.1.2).

Resulta difícil hacer proyecciones sobre los efectos de la acidificación oceánica en los ecosistemas por la diversidad de respuesta de las especies. Las sensibilidades diferenciales y las alteraciones conexas de los rendimientos y la distribución modificarán las relaciones entre depredadores y presas y las interacciones competitivas (secciones 6.3.2.5, 6.3.5, 6.3.6), lo cual podría incidir en las redes alimentarias y los niveles tróficos superiores (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). Los análogos naturales en los respiraderos de CO<sub>2</sub> indican una disminución de la diversidad de especies, la biomasa y la complejidad trófica de las comunidades (recuadro CC-AC; secciones 5.4.2.3, 6.3.2.5, 30.3.2.2, 30.5). También se han documentado modificaciones de la estructura de las comunidades en regiones donde el pH disminuye con rapidez (sección 5.4.2.2).

Al no entenderse del todo las respuestas y las interacciones tróficas de cada especie, tampoco se entiende bien el efecto de la acidificación oceánica en los ciclos biogeoquímicos globales (*evidencia limitada, nivel de acuerdo bajo*), lo cual representa una importante laguna de conocimientos. Las interacciones acumuladas, sinérgicas o antagonistas de factores como la temperatura, las concentraciones de oxígeno y nutrientes y la luz todavía no están suficientemente investigadas.

### Riesgos, impactos socioeconómicos y costos

Entre los riesgos de la acidificación oceánica para los organismos y ecosistemas marinos y, en última instancia, para las sociedades humanas cabe mencionar la probabilidad de que esta acidificación afecte a los procesos fisiológicos y ecológicos fundamentales de los organismos (sección 6.3.2.1) y a la magnitud de los impactos resultantes en los ecosistemas y los servicios ecosistémicos prestados a la sociedad (recuadro 19-2). Por ejemplo, la acidificación oceánica conforme a los escenarios RCP4,5 a RCP8,5 afectará a la formación y el mantenimiento de arrecifes de coral (*nivel de confianza alto*, recuadro CC-AC, sección 5.4.2.4) y a los bienes y servicios que aportan, como la pesca, el turismo y la protección costera (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*; recuadro CC-AC; secciones 6.4.1.1, 19.5.2, 27.3.3, 30.5, 30.6). La acidificación oceánica plantea otros muchos riesgos posibles que aún no se pueden evaluar cuantitativamente a causa de los pocos estudios disponibles, en particular por lo que se refiere a la magnitud de los impactos ecológicos y socioeconómicos (sección 19.5.2).

No existen estimaciones globales de los costos económicos observados o proyectados de la acidificación oceánica. La principal incertidumbre tiene que ver con la manera en que los impactos en los niveles tróficos inferiores se propagarán por las redes tróficas hasta llegar a los depredadores superiores. Sin embargo, una serie de ejemplos ilustrativos dan idea de la magnitud de los posibles impactos de la acidificación oceánica. Un descenso en la producción de moluscos con caparazón explotados comercialmente (sección 6.4.1.1) comportaría una disminución de la producción en Estados Unidos del 3% al 13%, según el escenario de emisiones A1FI del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE) (*nivel de confianza bajo*). El costo mundial de la pérdida de producción de moluscos podría superar los 100 000 millones de dólares de Estados Unidos para 2100 (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). De los modelos se desprende que, por lo general, la acidificación oceánica reducirá la biomasa y captura de peces (*nivel de confianza bajo*) y que se establecerán complejas interacciones acumuladas, antagonistas o sinérgicas con otros factores ambientales (calentamiento) y humanos (ordenación pesquera) (sección 6.4.1.1). El daño económico anual para 2100 debido a las pérdidas de arrecifes de coral por acidificación oceánica se estimó en 2012 en 870 000 millones y 528 000 millones de dólares, respectivamente, para los escenarios de emisiones A1y B2 del IE-EE, respectivamente (*nivel de confianza bajo*; sección 6.4.1). Aunque esta cifra es baja si se compara con el producto interno bruto (PIB) mundial, puede representar una pérdida muy elevada del PIB para las economías de muchas regiones costeras o islas pequeñas que dependen de los bienes y servicios ecológicos de los arrecifes de coral (secciones 25.7.5, 29.3.1.2).

### Mitigación y adaptación

La gestión satisfactoria de los impactos de la acidificación oceánica parte de dos enfoques: mitigación de la fuente del problema (es decir, reducción de las emisiones antropógenas de CO<sub>2</sub>) y adaptación mediante la reducción de las consecuencias de la acidificación oceánica anterior y futura (sección 6.4.2.1). La mitigación de la acidificación oceánica mediante la reducción del CO<sub>2</sub> atmosférico es el método más eficaz y menos arriesgado de limitar el fenómeno y sus impactos (sección 6.4.2.1). Las técnicas de geoingeniería climática basadas en la gestión de la radiación solar no frenarán la acidificación oceánica, y puede que en algunas circunstancias hasta la aumenten (sección 6.4.2.2). Las técnicas de geoingeniería encaminadas a sustraer el CO<sub>2</sub> de la atmósfera podrían abordar el problema directamente, pero son muy costosas y puede que estén limitadas por la falta de capacidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub> (sección 6.4.2.2). Además, algunos enfoques basados en los océanos, como la fertilización con hierro, solo servirían para desplazar la acidificación oceánica de la capa superior al interior oceánico, con posibles consecuencias para los niveles de oxígeno de las aguas profundas (secciones 6.4.2.2, 30.3.2.3, 30.5.7). Un enfoque de bajo riesgo cuya eficacia es relativamente limitada consiste en limitar el número y la magnitud de los motores distintos del CO<sub>2</sub>, como la contaminación de nutrientes (sección 6.4.2.1). La mitigación de la acidificación oceánica a escala local podría pasar por la reducción de los aportes antropógenos de nutrientes y materia orgánica en la costa oceánica (sección 5.3.4.2). Otras estrategias de adaptación son extraer de las cuencas hidrográficas locales agua para su uso en la acuicultura solo cuando el pH esté dentro del rango adecuado, seleccionar especies o razas menos sensibles o reubicar las industrias en otra parte (sección 6.4.2.1).

## Bibliografía

- Kroeker, K., R.C. Kordas, A. Ryan, I. Hendriks, L. Ramajo, G. Singh, C. Duarte y J.-P. Gattuso, 2013: Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. *Global Change Biology*, **19**, 1884-1896.
- Turley, C. y J.-P. Gattuso, 2012: Future biological and ecosystem impacts of ocean acidification and their socioeconomic-policy implications. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **4**, 278-286.

**El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:**

Gattuso, J.-P., P.G. Brewer, O. Hoegh-Guldberg, J.A. Kleypas, H.-O. Pörtner y D.N. Schmidt, 2014: Recuadro multicapítulos sobre acidificación del océano. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.139-142 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

# PP

## Producción primaria neta en el océano

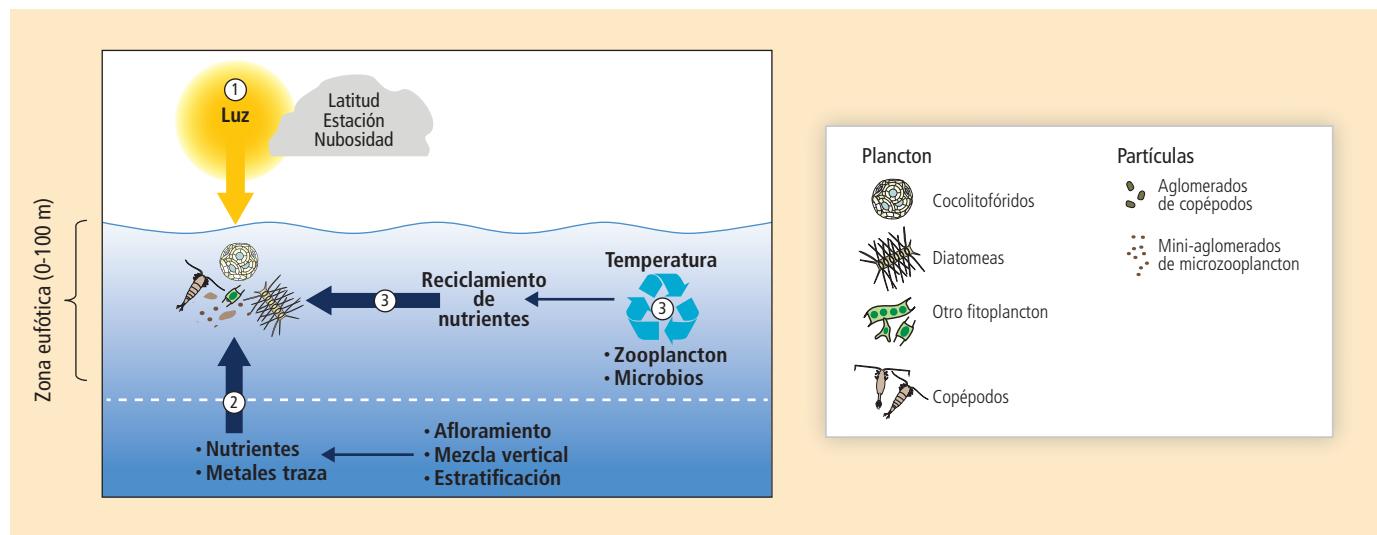
Philip W. Boyd (Nueva Zelandia), Svein Sundby (Noruega), Hans-Otto Pörtner (Alemania)

La producción primaria neta (PPN) es la tasa de fijación fotosintética del carbono menos la fracción de carbono fijado que usan los microbios planctónicos y las plantas bentónicas de carácter autotrófico con fines de respiración y mantenimiento celulares (secciones 6.2.1, 6.3.1). Los factores ambientales de la PPN son la luz, nutrientes, micronutrientes, CO<sub>2</sub> y la temperatura (figura PP-1a). A su vez, estos factores están influidos por procesos oceánicos y atmosféricos como la nubosidad; la extensión del hielo marino; los efectos de mezcla de agua provocados por vientos, olas y corrientes; la convección; la estratificación de la densidad; y diversas formas de afloramiento inducidas por remolinos, la actividad frontal y las corrientes de borde. La temperatura cumple múltiples funciones en la medida en que influye en las tasas de la fisiología del fitoplancton y el reciclado bacteriano heterotrófico de nutrientes, aparte de la estratificación de la columna de agua y la extensión del hielo marino (figura PP-1a). Las proyecciones indican que el cambio climático tendrá un impacto profundo en la PPN de múltiples maneras que dependerán del entorno físico regional y local (GTI IE5, capítulo 3) y de la estructura y el funcionamiento del ecosistema (*nivel de confianza medio*; secciones 6.3.4, 6.5.1). La influencia de los impulsores ambientales en la PPN causa variaciones de hasta 10 veces más en la productividad regional, correspondiendo el rango más bajo a las aguas subtropicales con pocos nutrientes y las aguas árticas donde la luz es escasa, y el más alto a las regiones productivas de afloramientos y las regiones costeras sumamente eutróficas (figura PP-1b).

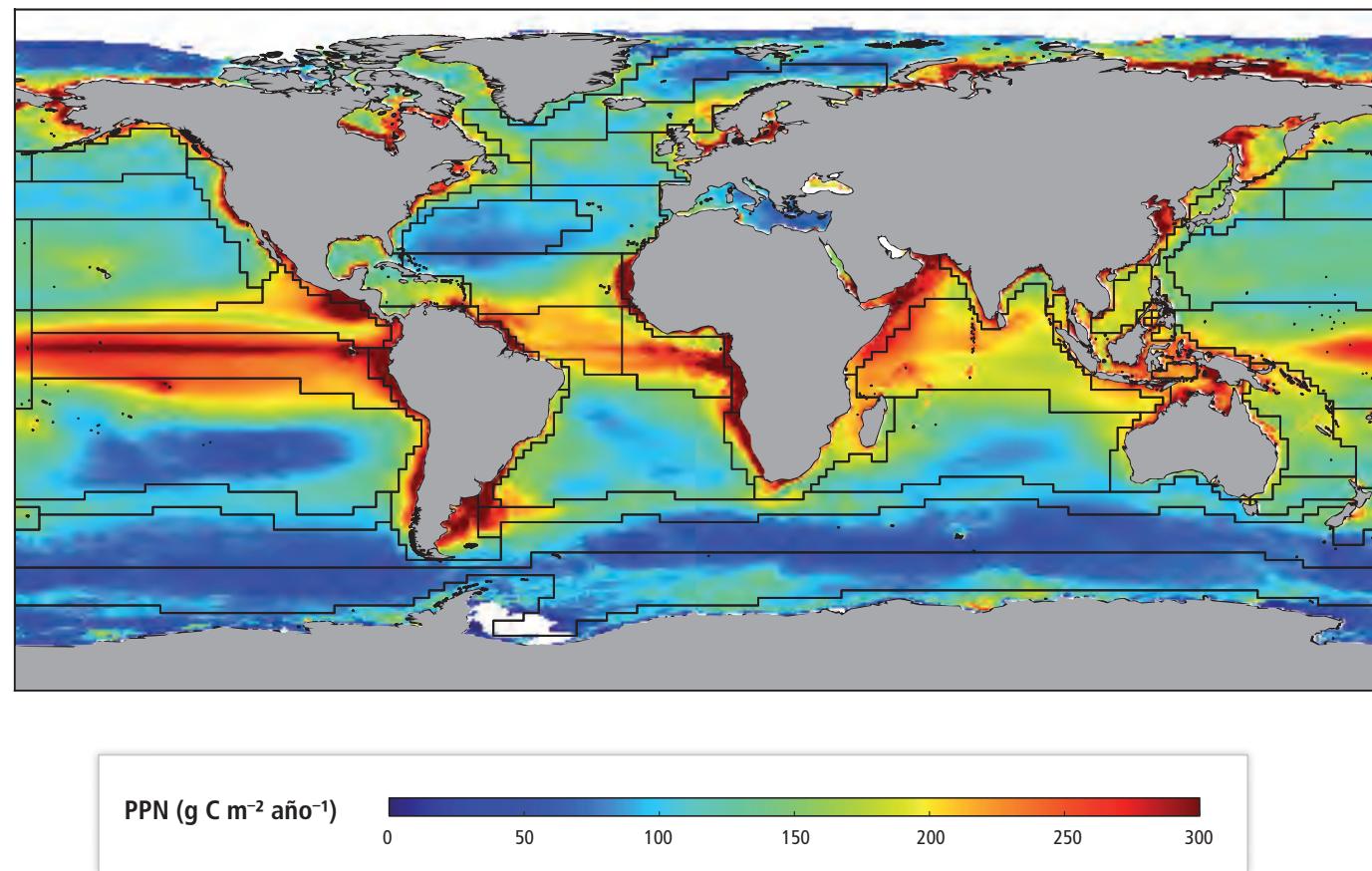
Los océanos aportan actualmente  $\sim 50 \times 10^{15}$  g C año<sup>-1</sup>, lo cual supone cerca de la mitad de la PPN global (Field y otros, 1998). Las estimaciones globales de la PPN proceden fundamentalmente de la teledetección satelital (sección 6.1.2), que ofrece una cobertura espacial y temporal sin precedentes y puede validarse a escala regional con mediciones oceánicas. Las observaciones presentan cambios apreciables en las tasas de PPN cuando los controles ambientales se ven alterados por perturbaciones naturales episódicas, como erupciones volcánicas que elevan el contenido de hierro, como se observa en las aguas del Pacífico nororiental, ricas en nitratos y pobres en clorofila (Hamme y otros, 2010). La variabilidad climática puede provocar cambios pronunciados en la PPN (Chavez y otros, 2011), como los derivados de las transiciones de El Niño a La Niña en el Pacífico ecuatorial, cuando aumenta el aporte vertical de nutrientes y elementos traza (Chavez y otros, 1999).

Se han empleado registros de series cronológicas plurianuales relativos a la PPN para evaluar las tendencias espaciales de la PPN durante los últimos decenios. En Behrenfeld y otros (2006), que usaron datos satelitales, se indicó que la PPN global había disminuido de forma prolongada y sostenida a razón de  $190 \times 10^{12}$  g C año<sup>-1</sup> en el período 1999-2005, lo que supone una reducción

a)



b)



**Figura PP-1|** a) Factores ambientales que determinan la producción primaria neta (PPN). La PPN viene determinada por tres procesos básicos; 1) la incidencia de la luz en la superficie oceánica, es decir, la zona fótica en la que se produce la fotosíntesis; 2) el flujo ascendente de nutrientes y micronutrientes, desde las aguas subyacentes a la zona fótica; y 3) la regeneración de nutrientes y micronutrientes mediante la descomposición y el reciclamiento de material orgánico antes de su descenso y abandono de la zona fótica. Los tres procesos están determinados por condicionantes físicos, químicos y biológicos que varían de un ecosistema regional a otro. Además, la temperatura del agua determina en gran medida la tasa máxima de fotosíntesis en las células provistas de recursos abundantes. Las previsiones de la alteración de la productividad primaria en condiciones de cambio climático dependen de parametrizaciones y simulaciones correctas de cada una de estas variables y procesos en las distintas regiones. b) Mapa compuesto de la tasa anual de PPN por área a escala mundial (derivado de la climatología de 2003 a 2012 del satélite Aqua, del espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS)); la PPN se calculó conforme al modelo de productividad basada en el carbono (Westberry y otros, 2008). Se superponen cuadriculas de líneas negras finas que representan 51 provincias biogeográficas oceánicas del mundo (derivado de Longhurst, 1998, y basado en Boyd y Doney, 2002). Las características y límites de cada provincia vienen dados fundamentalmente por la composición física y química del océano que subyace en cada región. Zonas blancas = no hay datos. (La figura es gentileza de Toby Westberry (Universidad Estatal de Oregón) e Ivan Lima (Woods Hole Oceanographic Institution); y los datos satelitales, del Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica de la NASA).

anual del 0,57% de la PPN global. En cambio, en una serie cronológica de la PPN medida directamente entre 1988 y 2007 por Saba y otros (2010) (es decir, mediante incubaciones *in situ* con marcadores de  $^{14}\text{C}$ -bicarbonato) se observó un aumento ( $2\% \text{ año}^{-1}$ ) en la PPN en dos sitios de alta mar de latitudes bajas. Esta discrepancia en las tendencias de la PPN observadas *in situ* y a distancia es indicio de incertidumbre en la metodología empleada o en la medida en que cada sitio es representativo de las provincias oceánicas (Saba y otros, 2010, 2011). En ulteriores estudios de modelización se ha observado que los archivos de la PPN obtenida por satélite, de menos de 15 años, son insuficientes para distinguir las alteraciones de la PPN debidas al cambio climático de las originadas por la variabilidad climática natural (Henson y otros, 2010; Beaulieu y otros, 2013). Las series cronológicas de medición de la PPN oceánica abarcan varios decenios, pero tampoco tienen la duración suficiente en relación con las escalas temporales de los modos de variabilidad climática a más largo plazo, como por ejemplo la Oscilación Multidecenal Atlántica (OMA), con una periodicidad de 60 a 70 años (figura 6-1). Los recientes intentos de sintetizar registros de la clorofila más amplios (es decir, seculares) como indicadores indirectos de las existencias de fitoplancton (p. ej., Boyce y otros, 2010) han sido objeto de críticas por recurrir a vínculos cuestionables entre distintos indicadores indirectos de la clorofila a lo largo de un siglo de registros (p. ej., Rykaczewski y Dunne, 2011).

En los modelos en los que el cambio climático proyectado altera los impulsores ambientales de la PPN figuran estimaciones de los cambios espaciales y de la tasa de cambio de la PPN. Por ejemplo, en cuatro modelos biogeocíquicos del sistema Tierra que combinaban el clima y los océanos (GTI IE5, capítulo 6) se proyectó un aumento de la PPN en latitudes altas como consecuencia de la disminución de la luz y de la limitación de las temperaturas de la PPN, especialmente en biomas de latitudes altas (Steinacher y otros, 2010). Sin embargo, este aumento regional de la PPN quedó más que compensado por los descensos de la PPN en latitudes inferiores y latitudes medias como consecuencia del menor aporte de macronutrientes en la zona fótica. El menor espesor de la capa de mezcla y la menor tasa de circulación pueden provocar un descenso en el flujo de macronutrientes con destino a la zona eufótica (figura 6-2). Teniendo en cuenta estos cambios en las condiciones oceánicas, la PPN media global resulta entre un 2% y un 13% menor en 2100 en comparación con 2000, conforme a escenarios de emisiones altas (Polovina y otros, 2011; IE-EE (Informe especial sobre escenarios de emisiones) A2, entre RCP6,0 y RCP8,5). Ello cuadra con un análisis más reciente basado en 10 modelos del sistema Tierra (Bopp y otros, 2013) que proyecta en la década de 2090 descensos de la PPN global a razón de  $8,6 (\pm 7,9)$ ,  $3,9 (\pm 5,7)$ ,  $3,6 (\pm 5,7)$  y  $2,0 (\pm 4,1)$  puntos porcentuales en comparación con la década de 1990, conforme a los escenarios RCP8,5, RCP6,0, RCP4,5 y RCP2,6, respectivamente. Sin embargo, la magnitud de los cambios proyectados presenta grandes variaciones de un modelo a otro (p. ej., disminución de la PPN global entre el 0% y el 20% conforme al escenario RCP 8,5). En los diversos modelos se observan grandes diferencias en la PPN a escala regional (es decir, en las provincias, véase la figura PP-1b).

En las proyecciones de los modelos se habían previsto cambios diversos en la PPN global que iban de un aumento (en relación con las tasas de la era preindustrial) de hasta el 8,1% conforme a escenarios intermedios (IE-EE A1B, semejante a RCP6,0; Sarmiento y otros, 2004; Schmittner y otros, 2008) a un descenso del 2-20% sobre la base del escenario de emisiones IE-EE A2 (Steinacher y otros, 2010). En estas proyecciones no se tuvo en cuenta la posible contribución de la producción primaria derivada de la fijación del nitrógeno atmosférico en las regiones tropicales y subtropicales, favorecida por un incremento de la estratificación y un menor aporte de nutrientes de las mezclas. Este mecanismo puede ser importante, aunque esos aumentos episódicos en la fijación de nitrógeno no son sostenibles sin la presencia de un exceso de fosfato (p. ej., Moore y otros, 2009; Boyd y otros, 2010). Puede que de ese modo la PPN no se estime lo suficiente (Mohr y otros, 2010; Mulholland y otros, 2012; Wilson y otros, 2012), si bien se desconoce el grado en que la estimación se queda corta (Luo y otros, 2012).

Debe ejercerse cautela al comparar las tendencias mundiales, provinciales (p. ej., las aguas de latitudes bajas, como en Behrenfeld y otros, 2006) y regionales de la PPN procedentes de observaciones, pues algunas regiones tienen más influencias ambientales locales, como una mayor estratificación de la densidad de la parte superior del océano a causa del derretimiento del hielo marino. Por ejemplo, puede que el alargamiento de la temporada de crecimiento del fitoplancton como consecuencia del mayor número de días exentos de hielo marino haya elevado la PPN en las aguas árticas (sobre la base de una serie cronológica de la PPN validada regionalmente y obtenida por satélite) (Arrigo y van Dijken, 2011) a una media de  $8,1 \times 10^{12} \text{ g C año}^{-1}$  entre 1998 y 2009. En las secciones 30.5.1 a 30.5.6 se indican otras tendencias regionales de la PPN. Además, aunque las proyecciones de la PPN futura global a partir de distintos modelos (Steinacher y otros, 2010; Bopp y otros, 2013) son comparables, las proyecciones regionales de cada modelo difieren apreciablemente. Ello plantea inquietudes con respecto al aspecto o aspectos de las distintas parametrizaciones de la PPN a partir de modelos a los que se deben las diferencias de las PPN regionales y, además, al grado de precisión de las proyecciones mediante modelos de la PPN global.

Desde una óptica mundial, la PPN en mar abierto disminuirá levemente para 2100 conforme a escenarios de emisiones bajas (IE-EE B1 o RCP4,5) y altas (*nivel de confianza medio*; IE-EE A2 o RCP 6,0 y 8,5, secciones 6.3.4, 6.5.1), lo cual irá acompañado de un aumento de la PPN en latitudes altas y una disminución en los trópicos (*nivel de confianza medio*). Sin embargo, la evidencia es *limitada* y el *nivel de acuerdo bajo* con respecto a la dirección, la magnitud y las diferencias del cambio de la PPN proyectado para 2100 en diversas regiones oceánicas y aguas costeras (*nivel de confianza bajo*).

## Bibliografía

- Arrigo, K.R. y G.L. van Dijken, 2011:** Secular trends in Arctic Ocean net primary production. *Journal of Geophysical Research*, **116(C9)**, C09011, doi:10.1029/2011JC007151.
- Beaulieu, C., S.A. Henson, J.L. Sarmiento, J.P. Dunne, S.C. Doney, R.R. Rykaczewski y L. Bopp, 2013:** Factors challenging our ability to detect long-term trends in ocean chlorophyll. *Biogeosciences*, **10(4)**, 2711-2724.
- Behrenfeld, M.J., R.T. O'Malley, D.A. Siegel, C.R. McClain, J.L. Sarmiento, G.C. Feldman, A.J. Milligan, P.G. Falkowski, R.M. Letelier y E.S. Boss, 2006:** Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, **444(7120)**, 752-755.
- Bopp, L., L. Resplandy, J.C. Orr, S.C. Doney, J.P. Dunne, M. Gehlen, P. Halloran, C. Heinze, T. Ilyina, R. Séférian, J. Tijiputra y M. Vichi, 2013:** Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models. *Biogeosciences*, **10**, 6225-6245.
- Boyce, D.G., M.R. Lewis y B. Worm, 2010:** Global phytoplankton decline over the past century. *Nature*, **466(7306)**, 591-596.
- Boyd, P.W. y S.C. Doney, 2002:** Modelling regional responses by marine pelagic ecosystems to global climate change. *Geophysical Research Letters*, **29(16)**, 53-1-53-4, doi:10.1029/2001GL014130.
- Boyd, P.W., R. Strzepek, F.X. Fu y D.A. Hutchins, 2010:** Environmental control of open-ocean phytoplankton groups: now and in the future. *Limnology and Oceanography*, **55(3)**, 1353-1376.
- Chavez, F.P., P.G. Strutton, C.E. Friederich, R.A. Feely, G.C. Feldman, D.C. Foley y M.J. McPhaden, 1999:** Biological and chemical response of the equatorial Pacific Ocean to the 1997-98 El Niño. *Science*, **286(5447)**, 2126-2131.
- Chavez, F.P., M. Messié y J.T. Pennington, 2011:** Marine primary production in relation to climate variability and change. *Annual Review of Marine Science*, **3(1)**, 227-260.
- Field, C.B., M.J. Behrenfeld, J.T. Randerson y P. Falkowski, 1998:** Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science*, **281(5374)**, 237-240.
- Hamme, R.C., P.W. Webley, W.R. Crawford, F.A. Whitney, M.D. DeGrandpre, S.R. Emerson, C.C. Eriksen, K.E. Giesbrecht, J.F.R. Gower, M.T. Kavanaugh, M.A. Peña, C.L. Sabine, S.D. Batten, L.A. Coogan, D.S. Grundle y D. Lockwood, 2010:** Volcanic ash fuels anomalous plankton bloom in subarctic northeast Pacific. *Geophysical Research Letters*, **37(19)**, L19604, doi: 10.1029/2010GL044629.
- Henson, S.A., J.L. Sarmiento, J.P. Dunne, L. Bopp, I. Lima, S.C. Doney, J. John y C. Beaulieu, 2010:** Detection of anthropogenic climate change in satellite records of ocean chlorophyll and productivity. *Biogeosciences*, **7(2)**, 621-640.
- Longhurst, A.R., 1998:** *Ecological Geography of the Sea*. Academic Press, San Diego, California (Estados Unidos de América), 560 págs.
- Luo, Y.-W., S.C. Doney, L.A. Anderson, M. Benavides, I. Berman-Frank, A. Bode, S. Bonnet, K.H. Boström, D. Böttjer, D.G. Capone, E.J. Carpenter, Y.L. Chen, M.J. Church, J.E. Dore, L.I. Falcón, A. Fernández, R.A. Foster, K. Furuya, F. Gómez, K. Gunderson, A.M. Hynes, D.M. Karl, S. Kitajima, R.J. Langlois, J. LaRoche, R.M. Letelier, E. Marañón, D.J. McGillicuddy Jr., P.H. Moisander, C.M. Moore, B. Mouríño-Carballedo, M.R. Mulholland, J.A. Needoba, K.M. Orcutt, A.J. Poulton, E. Rahav, P. Raimbault, A.P. Rees, L. Riemann, T. Shiozaki, A. Subramaniam, T. Tyrrell, K.A. Turk-Kubo, M. Varela, T.A. Villareal, E.A. Webb, A.E. White, J. Wu y J.P. Zehr, 2012:** Database of diazotrophs in global ocean: abundances, biomass and nitrogen fixation rates. *Earth System Science Data*, **4**, 47-73, doi: 10.5194/essd-4-47-2012.
- Mohr, W., T. Großkopf, D.W.R. Wallace y J. LaRoche, 2010:** Methodological underestimation of oceanic nitrogen fixation rates. *PLoS ONE*, **5(9)**, e12583, doi:10.1371/journal.pone.0012583.
- Moore, C.M., M.M. Mills, E.P. Achterberg, R.J. Geider, J. LaRoche, M.I. Lucas, E.L. McDonagh, X. Pan, A.J. Poulton, M.J.A. Rijkenberg, D.J. Suggett, S.J. Ussher y E.M.S. Woodward, 2009:** Large-scale distribution of Atlantic nitrogen fixation controlled by iron availability. *Nature Geoscience*, **2(12)**, 867-871.
- Mulholland, M.R., P.W. Bernhardt, J.L. Blanco-García, A. Mannino, K. Hyde, E. Mondragon, K. Türk, P.H. Moisander y J.P. Zehr, 2012:** Rates of dinitrogen fixation and the abundance of diazotrophs in North American coastal waters between Cape Hatteras and Georges Bank. *Limnology and Oceanography*, **57(4)**, 1067-1083.
- Polovina, J.J., J.P. Dunne, P.A. Woodworth y E.A. Howell, 2011:** Projected expansion of the subtropical biome and contraction of the temperate and equatorial upwelling biomes in the North Pacific under global warming. *ICES Journal of Marine Science*, **68(6)**, 986-995.
- Rykaczewski, R.R. y J.P. Dunne, 2011:** A measured look at ocean chlorophyll trends. *Nature*, **472(7342)**, E5-E6, doi:10.1038/nature09952.
- Saba, V.S., M.A.M. Friedrichs, M.-E. Carr, D. Antoine, R.A. Armstrong, I. Asanuma, O. Aumont, N.R. Bates, M.J. Behrenfeld, V. Bennington, L. Bopp, J. Bruggeman, E.T. Buitenhuis, M.J. Church, A.M. Ciotti, S.C. Doney, M. Dowell, J. Dunne, S. Dutkiewicz, W. Gregg, N. Hoepffner, K.J.W. Hyde, J. Ishizaka, T. Kameda, D.M. Karl, I. Lima, M.W. Lomas, J. Marra, G.A. McKinley, F. Mélin, J.K. Moore, A. Morel, J. O'Reilly, B. Salihoglu, M. Scardi, T.J. Smyth, S.L. Tang, J. Tijiputra, J. Uitz, M. Vichi, K. Waters, T.K. Westberry y A. Yool, 2010:** Challenges of modeling depth-integrated marine primary productivity over multiple decades: a case study at BATS and HOT. *Global Biogeochemical Cycles*, **24**, GB3020, doi: 10.1029/2009GB003655.
- Saba, V.S., M.A.M. Friedrichs, D. Antoine, R.A. Armstrong, I. Asanuma, M.J. Behrenfeld, A.M. Ciotti, M. Dowell, N. Hoepffner, K.J.W. Hyde, J. Ishizaka, T. Kameda, J. Marra, F. Mélin, A. Morel, J. O'Reilly, M. Scardi, W.O. Smith Jr., T.J. Smyth, S. Tang, J. Uitz, K. Waters y T.K. Westberry, 2011:** An evaluation of ocean color model estimates of marine primary productivity in coastal and pelagic regions across the globe. *Biogeosciences*, **8(2)**, 489-503.
- Sarmiento, J.L., R. Slater, R. Barber, L. Bopp, S.C. Doney, A.C. Hirst, J. Kleypas, R. Matear, U. Mikolajewicz, P. Monfray, V. Soldatov, S.A. Spall y R. Stouffer, 2004:** Response of ocean ecosystems to climate warming. *Global Biogeochemical Cycles*, **18(3)**, GB3003, doi: 10.1029/2003GB002134.
- Schmittner, A., A. Oschlies, H.D. Matthews y E.D. Galbraith, 2008:** Future changes in climate, ocean circulation, ecosystems, and biogeochemical cycling simulated for a business-as-usual CO<sub>2</sub> emission scenario until year 4000 AD. *Global Biogeochemical Cycles*, **22(1)**, GB1013, doi:10.1029/2007GB002953.
- Steinacher, M., F. Joos, T.L. Frölicher, L. Bopp, P. Cadule, V. Cocco, S.C. Doney, M. Gehlen, K. Lindsay, J.K. Moore, B. Schneider y J. Segschneider, 2010:** Projected 21<sup>st</sup> century decrease in marine productivity: a multi-model analysis. *Biogeosciences*, **7(3)**, 979-1005.
- Westberry, T., M.J. Behrenfeld, D.A Siegel y E. Boss, 2008:** Carbon-based primary productivity modeling with vertically resolved photoacclimation. *Global Biogeochemical Cycles*, **22(2)**, GB2024, doi:10.1029/2007GB003078.
- Wilson, S.T., D. Böttjer, M.J. Church y D.M. Karl, 2012:** Comparative assessment of nitrogen fixation methodologies, conducted in the oligotrophic North Pacific Ocean. *Applied and Environmental Microbiology*, **78(18)**, 6516-6523.

El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:

**Boyd, P.W., S. Sundby y H.-O. Pörtner, 2014:** Recuadro multicapítulos sobre producción primaria neta en el océano. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.143-146 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

# Cifras resumidas del clima regional

Noah Diffenbaugh (Estados Unidos de América), Dáithí Stone (Canadá/Sudáfrica/Estados Unidos de América), Peter Thorne (Estados Unidos de América/Noruega/Reino Unido), Filippo Giorgi (Italia), Bruce Hewitson (Sudáfrica), Richard Jones (Reino Unido), Geert Jan van Oldenborgh (Países Bajos)

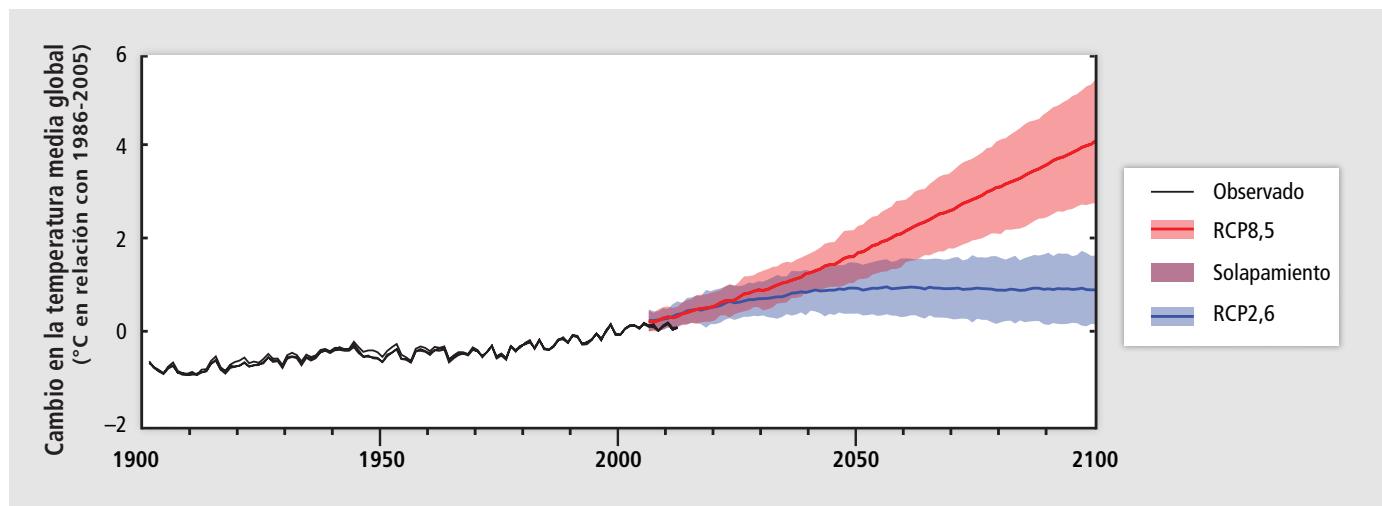
La información sobre la probabilidad de cambio climático regional, evaluada por el Grupo de trabajo I (GTI), sienta las bases de la evaluación por el Grupo de trabajo II (GTII) de los riesgos relacionados con el clima. Para contribuir a la comunicación de esta evaluación, los capítulos regionales del informe del Grupo de trabajo II presentan un conjunto coordinado de cifras del clima regional que resumen el cambio observado y proyectado de la temperatura y las precipitaciones medias anuales a corto y a más largo plazo en relación con los escenarios RCP2,6 y RCP8,5. Las cifras resumidas del clima regional presentadas por el Grupo de trabajo II hacen uso de los mismos campos de temperaturas y precipitación evaluados en los capítulos 2 y 12 del GTI, acompañados de límites espaciales, métricas de la incertidumbre y clases de datos ajustados para prestar apoyo a la evaluación realizada por el Grupo de trabajo II de los riesgos relacionados con el clima y las opciones de gestión de riesgos. En el capítulo 14 y el anexo I del GTI figuran más detalles sobre el clima regional y los correspondientes procesos.

Los mapas preparados por el Grupo de trabajo II de las temperaturas y precipitaciones anuales observadas emplean datos de origen, cálculos de la suficiencia de los datos y cálculos de la significatividad de las tendencias que coinciden con los empleados en el capítulo 2 y las figuras RRP.1 y RRP.2 del GTI. (En el recuadro 2.2 del GTI figura una descripción completa de la selección de los datos procedentes de las observaciones y el ensayo de la significatividad.) Las tendencias observadas se determinan por regresión lineal en el período 1901-2012 en relación con la temperatura en superficie tierra-océano combinados (MLOST), en el caso de la temperatura anual, y en el período 1951-2010 en relación con el Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones (GPCC), en el caso de las precipitaciones anuales. Los datos puntuales que figuran en los mapas se clasifican en tres categorías que se corresponden con las indicadas en las figuras RRP.1 y RRP.2 del GTI:

- 1) Los colores sólidos indican zonas en las que a) se dispone de datos suficientes para efectuar una estimación fiable de la tendencia (es decir, solo para cuadrículas con más del 70% de registros completos y más del 20% de disponibilidad de datos en el primer y último 10% del período de tiempo) y b) la tendencia es significativa a nivel del 10% (una vez tenidos en cuenta los efectos de la autocorrelación en las pruebas de la significatividad).
- 2) Las líneas diagonales indican las zonas en que existen datos suficientes para poder efectuar una estimación fiable de la tendencia, aunque esta no es significativa a nivel del 10%.
- 3) El color blanco indica zonas en las que no se dispone de datos suficientes para poder efectuar una estimación fiable de la tendencia.

Los mapas del Grupo de trabajo II sobre las temperaturas y precipitaciones anuales proyectadas se basan en simulaciones de modelos climáticos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5; Taylor y otros, 2012), que también servían de base a las cifras presentadas en el Grupo de trabajo I (incluidos los capítulos 12 y 14 y el anexo I del GTI). En el archivo de la CMIP5 figuran resultados de los modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO), de MCGAO con componentes acoplados sobre vegetación o ciclo del carbono y de MCGAO con componentes acoplados sobre química atmosférica. El número de modelos con respecto a los que se dispone de resultados y el número de aplicaciones de cada modelo varían entre los distintos experimentos de la CMIP5. Los mapas del Grupo de trabajo II sobre el clima regional emplean los mismos datos de origen que los del capítulo 12 del GTI (p. ej., recuadro 12.1, figura 1), incluidos los valores medios multimodelos del GTI; los valores de cada modelo de este Grupo; la medición de la variabilidad de los puntos de referencia (“interna”) del Grupo; y los períodos de referencia de este: 1986-2005, mediados del siglo XXI (2046-2065) y fines del siglo XXI (2081-2100). La descripción completa de la selección de modelos, la selección de aplicaciones, la definición de variabilidad interna y la interpolación a una cuadrícula común se pueden consultar en el capítulo 12 y el anexo I del GTI.

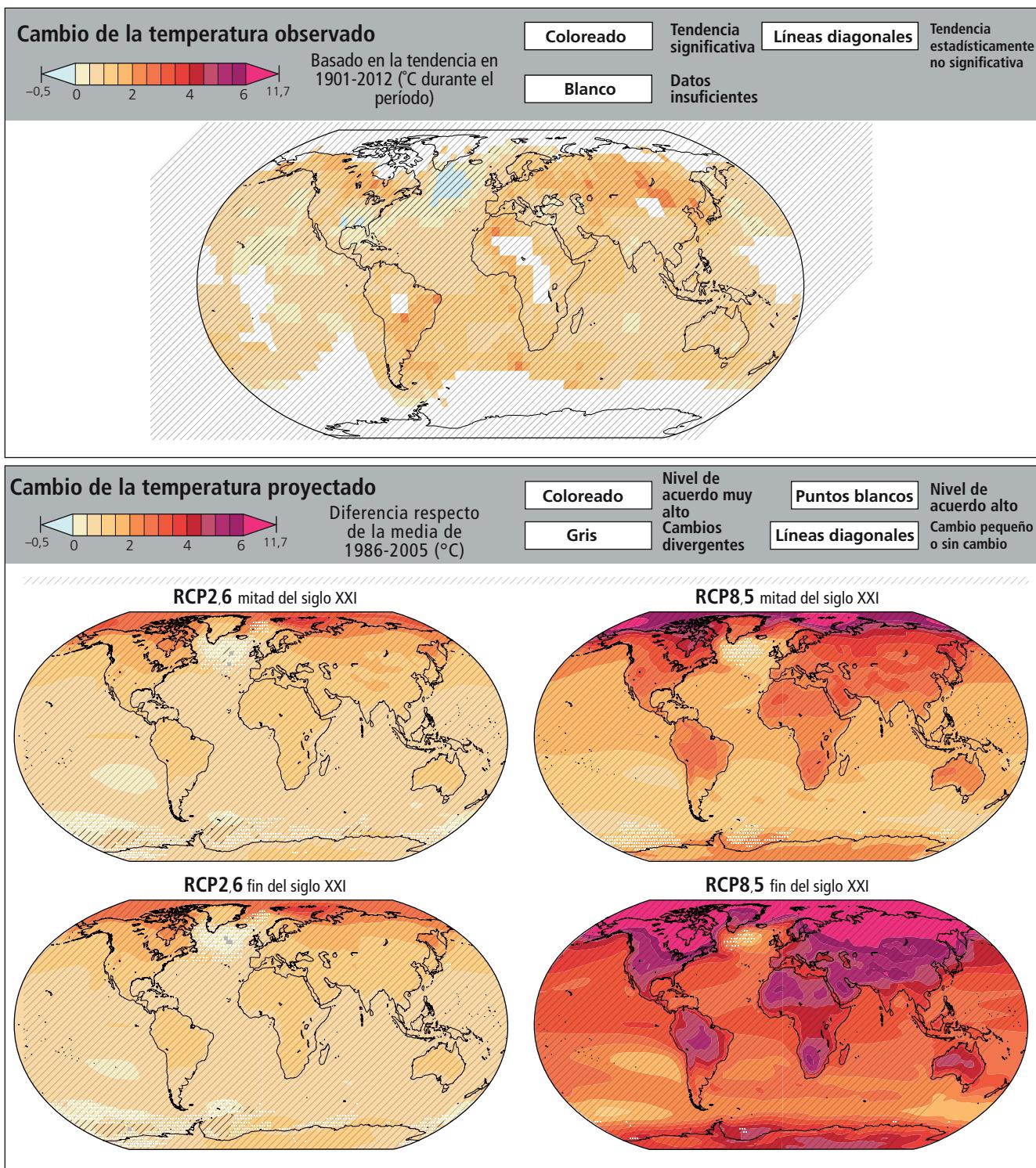
A diferencia de la tercera fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP3) (Meehl y otros, 2007), que empleaba los escenarios de emisión del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE) del IPCC (IPCC, 2000), la quinta fase hace uso de trayectorias de concentración representativas (RCP) (van Vuuren y otros, 2011) para caracterizar las posibles trayectorias del forzamiento climático en el curso del siglo XXI. Los mapas de la proyección climática regional del Grupo de trabajo II incluyen los escenarios RCP2,6 y RCP8,5, que representan el nivel superior e inferior del rango de las RCP al término del siglo XXI. Los cambios en la temperatura media global proyectados son semejantes en las diversas RCP a lo largo de los próximos decenios (figura CR-1; GTI figura 12.5). En este próximo período de cambio climático asegurado los riesgos evolucionarán a medida que las tendencias socioeconómicas interactúen con el clima cambiante. Además, las respuestas de la sociedad, en particular las adaptaciones, determinarán los resultados más inmediatos. En la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente la magnitud del aumento de las temperaturas globales varían en las distintas RCP (figura CR-1; GTI figura 12.5). En este período más largo de opciones climáticas la mitigación y la adaptación a corto y a más largo plazo, sumadas a las trayectorias de desarrollo, determinarán los riesgos de cambio climático. En consecuencia, los beneficios de la mitigación y la adaptación se presentan en marcos temporales distintos pero coincidentes en parte, con lo que las decisiones del presente determinarán los riesgos de cambio climático a lo largo del siglo XXI.



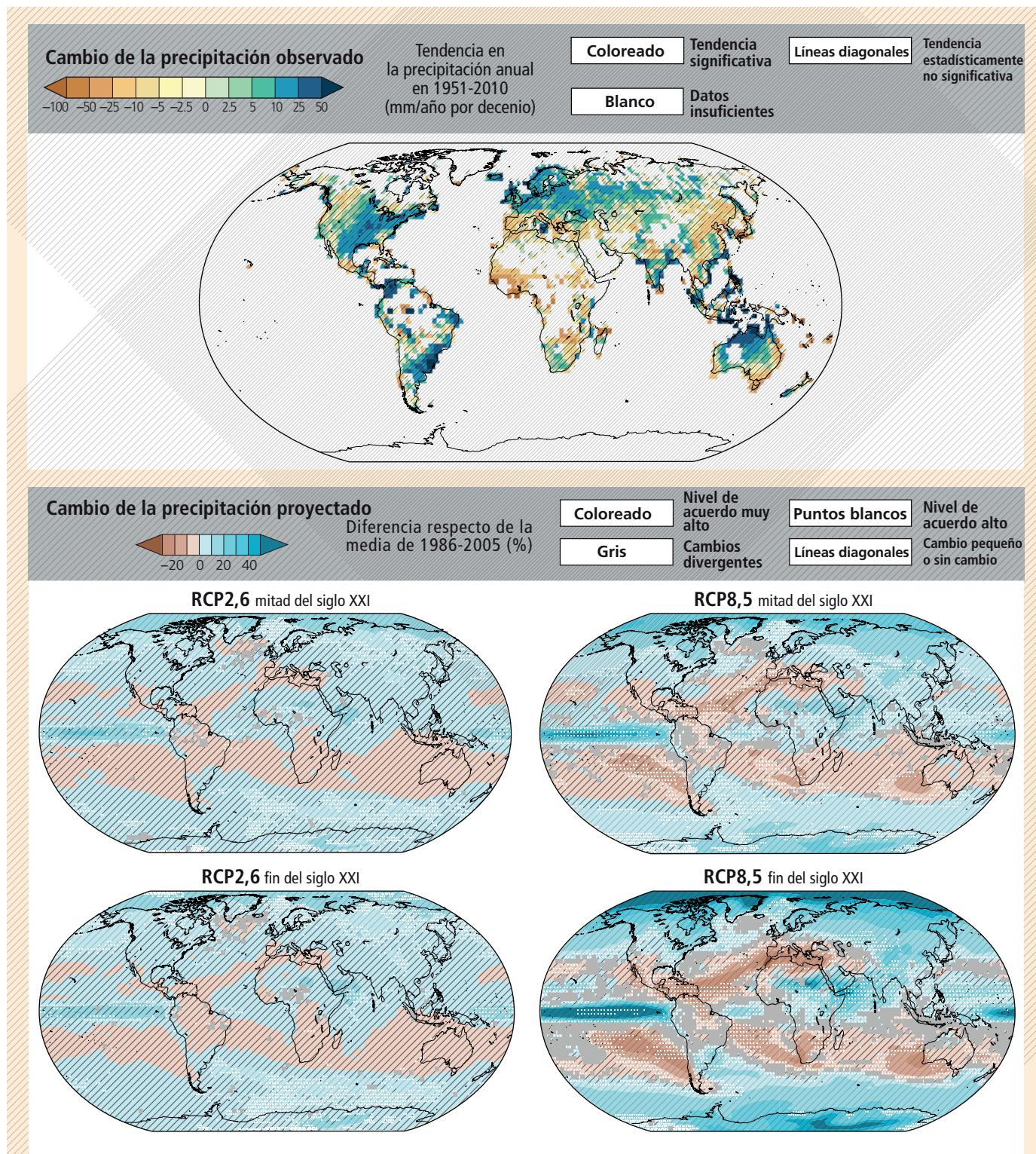
**Figura CR-1 |** Cambios observados y proyectados en la temperatura media anual global. Los valores se refieren al período 1986-2005. Las líneas negras corresponden a estimaciones de mediciones basadas en observaciones del análisis de la temperatura en superficie del Instituto Goddard de Investigaciones Espaciales (GISTEMP), la temperatura en superficie tierra-océano combinados del Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC-MLOST) y la temperatura en superficie del conjunto 4.2 de datos reticulares del Centro Hadley/Unidad de investigación climática (HadCRUT4.2). Las líneas azul y roja y el sombreado indican la media y el rango de  $\pm 1,64$  desviaciones típicas del conjunto, sobre la base de las simulaciones de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) a partir de 32 modelos para la trayectoria de concentración representativa (RCP) 2,6 y de 39 modelos para RCP8,5.

En los mapas de proyecciones se representan las diferencias en la temperatura y las precipitaciones medias anuales entre el período futuro y el de referencia (figuras CR-2 y CR-3), categorizadas en cuatro clases. Estas se determinan a partir de la guía sobre incertidumbres del IPCC, que sirve de base cuantitativa a la asignación de probabilidades (Mastrandrea y otros, 2010); *probable* se define en un rango del 66% al 100% y *muy probable* del 90% al 100%.

Las clasificaciones de las cifras de las proyecciones del clima regional según el Grupo de trabajo II se basan en dos aspectos de la probabilidad (p. ej., GTI recuadro 12.1 y Knutti y otros, 2010). El primero se refiere a la probabilidad de que los cambios proyectados superen las diferencias resultantes de la variabilidad climática interna (p. ej., Tebaldi y otros, 2011). El segundo es la concordancia entre modelos en cuanto al signo del cambio (p. ej., Christensen y otros, 2007, e IPCC, 2012).



**Figura CR-2 |** Cambios observados y proyectados en la temperatura media anual en superficie. A) Mapa del cambio observado en la temperatura media anual en el período 1901-2012, derivado de una tendencia lineal en los casos en que se contó con suficientes datos para obtener una estimación sólida (es decir, únicamente en los casos en que se dispuso de registros completos superiores al 70% para los recuadros de la retícula y con disponibilidad de datos superior al 20% en los deciles primero y último del período temporal); las demás áreas se muestran en blanco. Las áreas coloreadas indican tendencias significativas al nivel del 10% (una vez tenidos en cuenta los efectos de la autocorrelación en los tests de significatividad). Las líneas diagonales indican áreas donde las tendencias no son significativas. Los datos observados (rango de los valores en los puntos de la retícula:  $-0,53$  a  $2,50$   $^{\circ}\text{C}$  durante el período) provienen de las figuras RRP.1 y 2.21 de GTI IE5. B) Proyecciones de la media multimodelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) de los cambios en la temperatura media anual para 2046-2065 y 2081-2100 conforme a las trayectorias de concentración representativas (RCP) 2,6 y 8,5 en relación con 1986-2005. Las áreas coloreadas indican un nivel de acuerdo muy alto, donde el cambio en la media multimodelos es mayor del doble de la variabilidad de referencia (variabilidad interna natural en medias de 20 años) y  $\geq 90\%$  de los modelos concuerdan en el signo de cambio. Las áreas coloreadas con puntos blancos indican un alto nivel de acuerdo, donde  $\geq 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia y  $\geq 66\%$  de los modelos concuerdan en el signo de cambio. Las áreas de color gris indican cambios divergentes, donde  $\geq 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia, pero  $< 66\%$  concuerdan en el signo de cambio. Las áreas coloreadas con líneas diagonales indican pocos o ningún cambio, donde  $< 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia, aunque puede que se dé un cambio significativo a escalas temporales más cortas como estaciones, meses o días. El análisis usa datos de modelos de GTI IE5 figura RRP.8, recuadro 12.1 y anexo I. El rango de los valores en los puntos de la retícula para la media multimodelos es:  $+0,19$  a  $+4,08$   $^{\circ}\text{C}$  para mitad del siglo XXI de RCP2,6;  $+0,06$  a  $+3,85$   $^{\circ}\text{C}$  para fines del siglo XXI de RCP2,6;  $+0,70$  a  $+7,04$   $^{\circ}\text{C}$  para mitad del siglo XXI de RCP8,5; y  $+1,38$  a  $+11,71$   $^{\circ}\text{C}$  para fines del siglo XXI de RCP8,5.



**Figura CR-3 |** Cambios observados y proyectados en la precipitación media anual. A) Mapa del cambio observado en la precipitación anual en el periodo 1951-2010, derivado de una tendencia lineal en los casos en que se contó con suficientes datos para obtener una estimación sólida (es decir, únicamente en los casos en que se dispuso de registros completos superiores al 70% para los recuadros de la retícula y con disponibilidad de datos superior al 20% en los deciles primero y último del período temporal); las demás áreas se muestran en blanco. Las áreas coloreadas indican tendencias significativas al nivel del 10% (una vez tenidos en cuenta los efectos de la autocorrelación en los tests de significatividad). Las líneas diagonales indican áreas donde las tendencias no son significativas. Los datos observados (rango de los valores en los puntos de la retícula: -185 a +111 mm/año por decenio) proceden de las figuras RRP.2 y 2.29 de GTI IE5. B) Cambios porcentuales medios en la precipitación media anual multimodelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5), para 2046-2065 y 2081-2100 con arreglo a las trayectorias de concentración representativas (RCP) 2,6 y 8,5 en relación con 1986-2005. Las áreas coloreadas indican un nivel de acuerdo muy alto, donde el cambio en la media multimodelos es mayor del doble de la variabilidad de referencia (variabilidad interna natural en medias de 20 años) y  $\geq 90\%$  de los modelos concuerdan en el signo de cambio. Las áreas coloreadas con puntos blancos indican un nivel de acuerdo alto, donde  $\geq 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia y  $\geq 66\%$  de los modelos concuerdan en el signo de cambio. Las áreas de color gris indican cambios divergentes, donde  $\geq 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia, pero  $< 66\%$  concuerdan en el signo de cambio. Las áreas coloreadas con líneas diagonales indican pocos o ningún cambio, donde  $< 66\%$  de los modelos muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia, aunque puede que sea de un cambio significativo a escalas temporales más cortas como estaciones, meses o días. El análisis usa datos de modelos de GTI IE5 figura RRP.8, recuadro 12.1 y anexo I. El rango de los valores en los puntos de la retícula para la media multimodelos es: -10 a +24% para mitad del siglo XXI de RCP2,6; -9 a +22% para fines del siglo XXI de RCP2,6; -19 a +57% para mitad del siglo XXI de RCP8,5; y -34 a +112% para fines del siglo XXI de RCP8,5.

Las cuatro clasificaciones del cambio proyectado que se plasman en los mapas climáticos regionales del Grupo de trabajo II son:

- 1) Las áreas coloreadas indican un nivel de acuerdo muy alto, donde el cambio medio multimodelos es más de dos veces superior a la variabilidad de referencia (variabilidad interna natural en medias de 20 años) y una proporción del 90% de los modelos o más concuerdan en cuanto al signo del cambio. Estos criterios, y los ámbitos correspondientes a esta categoría, son idénticos a la categoría de máximo nivel de confianza que aparece en el recuadro 12.1 del GTI. Esta categoría reemplaza a otras categorías de los mapas del clima regional del Grupo de trabajo II.
- 2) Las áreas coloreadas con puntos blancos indican un nivel de acuerdo alto, donde el 66% de los modelos o una proporción superior muestran un cambio mayor que la variabilidad de referencia y un 66% de los modelos o una proporción superior concuerdan en el signo de cambio.
- 3) Las áreas de color gris indican cambios divergentes, donde el 66% de los modelos o una proporción superior muestran un cambio superior a la variabilidad de referencia, si bien un 66% o una proporción inferior concuerdan en el signo de cambio.
- 4) Las áreas coloreadas con líneas diagonales indican pocos o ningún cambio, donde el 66% de los modelos o una proporción inferior muestran un cambio superior a la variabilidad de referencia. Cabe señalar que las áreas correspondientes a esta categoría en cuanto a la media anual aún podrían presentar notables cambios estacionales, mensuales o diarios.

## Bibliografía

- Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr y P. Whetton, 2007: Regional climate projections. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido), y Nueva York, NY (Estados Unidos de América), págs. 847-940.**
- IPCC, 2000: Special Report on Emissions Scenarios** [Nakicenovic, N. y R. Swart (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido), 570 págs.
- , 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 (Reino Unido), y Nueva York, NY (Estados Unidos de América), 582 págs.
- Knutti, R., R. Furrer, C. Tebaldi, J. Cermak y G.A. Meehl, 2010: Challenges in combining projections from multiple climate models. *Journal of Climate*, **23**(10), 2739-2758.**
- Mastrandrea, M.D., C.B. Field, T.F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K.J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe y F.W. Zwiers, 2010: Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties.** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), [www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf).
- Meehl, G.A., C. Covey, K.E. Taylor, T. Delworth, R.J. Stouffer, M. Latif, B. McAvaney y J.F.B. Mitchell, 2007: The WCRP CMIP3 multimodel dataset – a new era in climate change research. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **88**(9), 1383-1394.**
- Taylor, K.E., R.J. Stouffer y G.A. Meehl, 2012: An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **93**(4), 485-498.**
- Tebaldi, C., J.M. Arblaster y Reto Knutti, 2011: Mapping model agreement on future climate projections. *Geophysical Research Letters*, **38**(23), L23701, doi:10.1029/2011GL049863.**
- van Vuuren, D.P., J. Edmonds, M. Kainuma, K. Riahi, A. Thomson, K. Hibbard, G.C. Hurtt, T. Kram, V. Krey, J.-F. Lamarque, T. Masui, M. Meinshausen, N. Nakicenovic, S.J. Smith y S.K. Rose 2011: The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, **109**(1-2), 5-31.**

**El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:**

**Diffenbaugh, N.S., D.A. Stone, P. Thorne, F. Giorgi, B.C. Hewitson, R.G. Jones y G.J. van Oldenborgh, 2014: Recuadro multicapítulos sobre cifras resumidas del clima regional En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.147-151 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).**



# Impacto del cambio climático en los ecosistemas de agua dulce como consecuencia de alteraciones en los regímenes del caudal fluvial

Petra Döll (Alemania), Stuart E. Bunn (Australia)

Está ampliamente aceptado que el régimen de los caudales es un determinante esencial de la estructura y la función de los ríos y los humedales de sus llanuras aluviales conexas; se considera que la alteración del caudal supone una amenaza grave y permanente a los ecosistemas de agua dulce (Bunn y Arthington, 2002; Poff y Zimmerman, 2010; Poff y otros, 2010). En la mayor parte de los modelos de distribución de especies no se tiene en cuenta el efecto de la modificación de los regímenes del caudal (es decir, cambios en la frecuencia, la magnitud, la duración o el momento de aparición de los principales parámetros del caudal) o se emplean las precipitaciones como indicador indirecto del caudal de los ríos (Heino y otros, 2009).

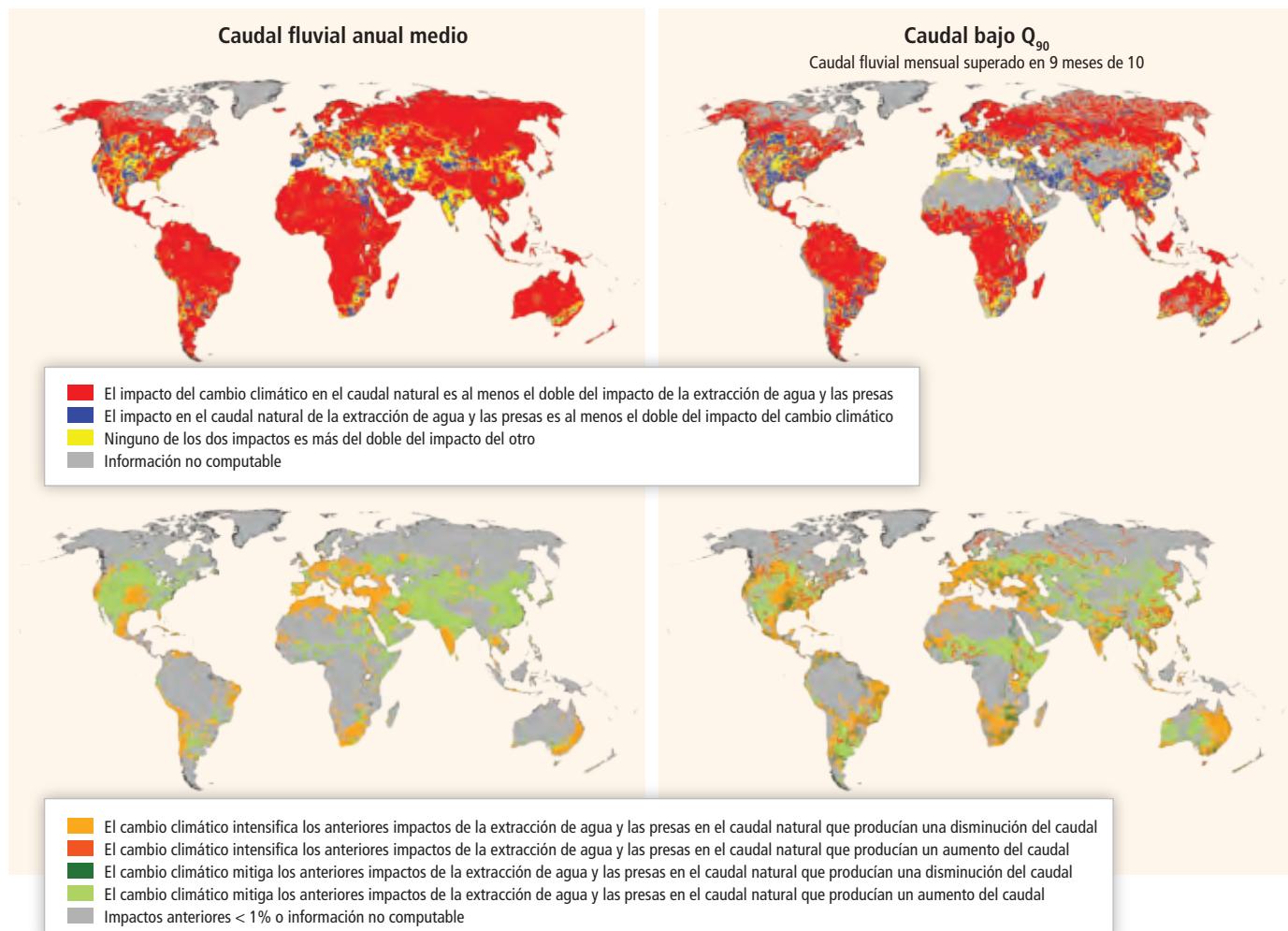
Cada vez es mayor la evidencia de que el cambio climático alterará significativamente atributos de importancia ecológica de los regímenes hidrológicos de los ríos y los humedales e intensificará el impacto del consumo humano de agua en las cuencas fluviales desarrolladas (*nivel de confianza medio*; Xenopoulos y otros, 2005; Aldous y otros, 2011). Está previsto que para la década de 2050 el cambio climático tenga un impacto en distintas características del caudal fluvial, como la descarga media a largo plazo, la estacionalidad y los caudales altos estadísticos (pero no los caudales bajos estadísticos), en mayor medida de lo que incidieron cerca del año 2000 actividades como la construcción de presas y la extracción de agua (figura CF-1; Döll y Zhang, 2010). Según el escenario de emisiones A2 del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE), aplicado por el modelo 3 de predicción climática del Centro Hadley de la Oficina Meteorológica de Reino Unido (HadCM3), puede que para la década de 2050 el 15% de la superficie terrestre mundial se vea afectada negativamente en forma de un descenso de las especies de peces en las cabeceras de las cuencas cifrado en el 10%, frente a apenas un 10% de la superficie terrestre que ya ha sufrido esas disminuciones a causa de la extracción de agua y las presas (Döll y Zhang, 2010). El cambio climático puede intensificar los efectos negativos de las presas en los ecosistemas de agua dulce, pero también puede ofrecer oportunidades de que las presas y las centrales eléctricas funcionen en beneficio de los ecosistemas fluviales. Es ese el caso cuando aumenta la escorrentía total y, como ocurre en Suecia, el hidrograma anual pasa a asemejarse más a las variaciones de la demanda de electricidad, es decir, se registran menores crecidas primaverales y aumentos de la escorrentía en los meses invernales (Renfalt y otros, 2010).

Como la biota suele estar adaptada a un determinado nivel de variabilidad del caudal fluvial, es probable que la mayor variabilidad del caudal proyectada como consecuencia del incremento de la variabilidad climática seleccione a especies generalistas o invasivas (Ficke y otros, 2007). La estabilidad relativa de los hábitats de los arroyos alimentados por aguas subterráneas en cuencas dominadas por la nieve o glaciarizadas puede verse alterada por la menor recarga procedente del

deshielo, con lo cual los caudales pasarían a ser más variables y tal vez intermitentes (Hannah y otros, 2007). Un cambio de gran impacto en la variabilidad del caudal es el cambio de régimen, de intermitente a perenne o viceversa. Se proyecta que hasta la década de 2050 se produzcan modificaciones del régimen de los caudales fluviales en un 5% al 7% de la superficie terrestre mundial, principalmente en zonas semiáridas (Döll y Müller Schmied, 2012; véase el cuadro 3-2 en el capítulo 3).

En África, un tercio de las especies de peces y un quinto de las especies de peces endémicas se encuentran en ecorregiones que para década de 2050 pueden haber experimentado cambios en la descarga o la escorrentía de más del 40% (Thieme y otros, 2010). Es probable que ecorregiones de África que acogen más del 80% de las especies de peces dulceacuícolas y varios fenómenos ecológicos y evolutivos destacados experimenten condiciones hidrológicas radicalmente distintas de las actuales, con alteraciones de las descargas o escorrentías fluviales medias anuales a largo plazo superiores al 10% como consecuencia del cambio climático y el uso de agua (Thieme y otros, 2010).

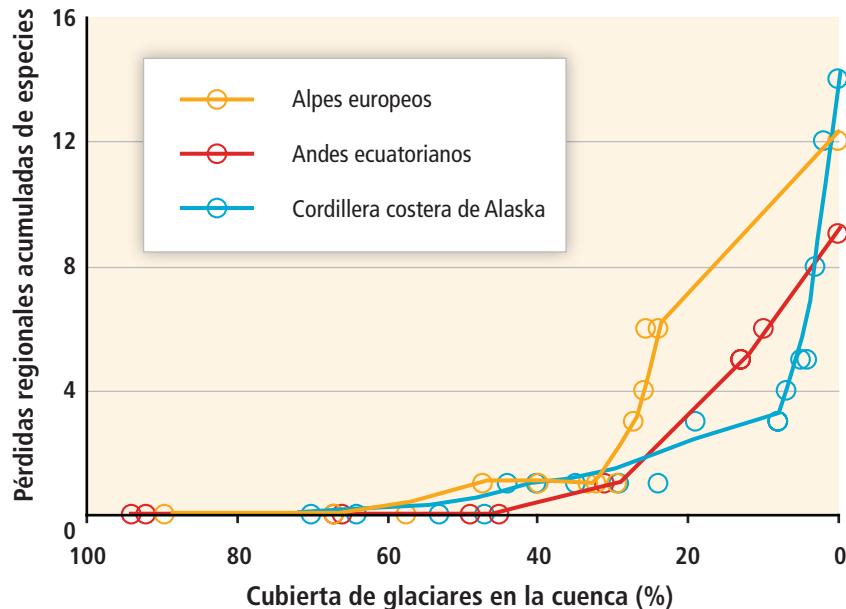
Con el aumento de las temperaturas invernales los ecosistemas de agua dulce de las cuencas donde se acumula abundante nieve se ven afectados por un aumento del caudal fluvial en invierno, un caudal primaveral máximo más temprano y, posiblemente, una disminución del caudal estival mínimo (sección 3.2.3). Con un aumento acusado del caudal invernal máximo puede que la población de salmonidos disminuya en la costa noroccidental del Pacífico de Estados Unidos entre el 20% y el 40% para la década de 2050 (dependiendo del modelo climático) al socavarse el lecho fluvial durante la incubación de las huevas, especialmente en las zonas de gran altitud, relativamente prístinas (Battin y otros, 2007). Con las disminuciones del caudal estival mínimo los ecosistemas y los usuarios de agua de riego competirán más por el agua (Stewart y otros, 2005). Una importante estrategia de adaptación consistirá en garantizar el caudal ambiental mediante la compra o alquiler de derechos de agua y la alteración de los patrones de utilización de los embalses (Palmer y otros, 2009).



**Figura CF-1 |** Impacto del cambio climático en relación con el impacto de la extracción de agua y las presas en el caudal natural para dos características del caudal fluvial ecológicamente relevantes (caudal fluvial anual medio y caudal bajo mensual  $Q_{90}$ ), computadas mediante un modelo hidrológico global (Döll y Zhang, 2010). El impacto del cambio climático es el cambio porcentual del caudal entre 1961-1990 y 2041-2070 conforme al escenario de emisiones A2 aplicado por la versión 3 del modelo acoplado del Centro Hadley de la Oficina Meteorológica de Reino Unido (HadCM3) para el modelo climático global. El impacto de la extracción de aguas y los embalses se calcula aplicando el modelo con las extracciones de agua y las presas que existían en 2002 y sin ellas. Se observará que en la figura no se indican las diferencias espaciales en la magnitud del cambio.

Las observaciones y modelos dan a entender que los impactos del calentamiento del planeta en los arroyos y ríos alimentados por glaciares y nieves pasarán por dos fases contrastadas (Burkett y otros, 2005; Vuille y otros, 2008; Jacobsen y otros, 2012). En la primera, cuando la descarga fluvial aumente a raíz del mayor deshielo, puede que, en general, aumenten la diversidad y la abundancia de especies. Sin embargo, puede que los cambios en la temperatura del agua y el caudal de los arroyos tengan impactos negativos en las especies endémicas de áreas de distribución limitadas (Jacobsen y otros, 2012). En la segunda fase, cuando las acumulaciones de nieve se derritan antes y los glaciares hayan retrocedido hasta el punto de que disminuye el caudal de los arroyos a fines del verano, se prevén amplios impactos negativos y que la diversidad de especies disminuya con rapidez una vez superado un umbral crítico de aproximadamente el 50% de la cubierta glacial (figura CF-2).

La descarga fluvial también influye en la respuesta de las temperaturas del agua de los ríos a los aumentos de la temperatura del aire. Se estima en promedio mundial que aumentos de la temperatura del aire de 2 °C, 4°C y 6°C provocarían aumentos de las temperaturas fluviales anuales medias cifrados en 1,3 °C, 2,6 °C, y 3,8 °C, respectivamente (van Vliet y otros, 2011). Se calculan descensos en la descarga del 20% y el 40% para obtener aumentos adicionales de la temperatura de las aguas fluviales de una media de 0,3 °C y 0,8 °C (van Vliet y otros, 2011). En consecuencia, donde los ríos padeczan sequías más frecuentes en el futuro, la biota que depende del agua dulce no solo padecerá directamente las condiciones derivadas del cambio en el caudal, sino también aumentos de las temperaturas fluviales provocados por la sequía, así como la consiguiente disminución de la concentración de oxígeno e incremento de la de contaminantes.



**Figura CF-2 |** Pérdida acumulada de riqueza regional de especies (diversidad gamma) de macroinvertebrados, en función de la cubierta de glaciares en la cuenca. Los macroinvertebrados que habitan por necesidad en ríos glaciares empiezan a desaparecer de los grupos de especies cuando la cubierta de glaciares de la cuenca disminuye cerca del 50%, y está previsto que cuando desaparezcan los glaciares se pierdan en cada región entre 9 y 14 especies, lo cual supone un 11%, un 16% y un 38% de la riqueza total de especies en las tres regiones estudiadas en Ecuador, Europa y Alaska, respectivamente. Los datos proceden de varios sitios fluviales de los Andes ecuatorianos y los Alpes suizos e italianos y de un estudio temporal de un río de la cordillera costera de Alaska suroriental a lo largo de casi tres decenios de retracción glaciar. Cada punto de los datos representa un sitio fluvial (Europa o el Ecuador) o una fecha (Alaska), mientras que las líneas representan ajustes por regresión local (Lowess) (adaptado con permiso de Jacobsen y otros, 2012).

## Bibliografía

- 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**(3), 223-231.
- Battin, J., M.W. Wiley, M.H. Ruckelshaus, R.N. Palmer, E. Korb, K.K. Bartz y H. Imaki, 2007: Projected impacts of climate change on salmon habitat restoration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **104**(16), 6720-6725.
- Bunn, S.E. y A.H. Arthington, 2002: Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, **30**(4), 492-507.
- Burkett, V., D. Wilcox, R. Stottlemyer, W. Barrow, D. Fagre, J. Baron, J. Price, J. Nielsen, C. Allen, D. Peterson, G. Ruggerone y T. Doyle, 2005: Nonlinear dynamics in ecosystem response to climatic change: case studies and policy implications. *Ecological Complexity*, **2**(4), 357-394.
- Döll, P. y H. Müller Schmied, 2012: How is the impact of climate change on river flow regimes related to the impact on mean annual runoff? A global-scale analysis. *Environmental Research Letters*, **7**(1), 014037, doi:10.1088/1748-9326/7/1/014037.

- Döll, P. y J. Zhang, 2010: Impact of climate change on freshwater ecosystems: a global-scale analysis of ecologically relevant river flow alterations. *Hydrology and Earth System Sciences*, **14**(5), 783-799.
- Ficke, A.D., C.A. Myrick y L.J. Hansen, 2007: Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **17**(4), 581-613.
- Hannah, D.M., L.E. Brown, A.M. Milner, A.M. Gurnell, G.R. McGregor, G.E. Petts, B.P.G. Smith y D.L. Snook, 2007: Integrating climate-hydrology-ecology for alpine river systems. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **17**(6), 636-656.
- Heino, J., R. Virkalla y H. Toivonen, 2009: Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. *Biological Reviews*, **84**(1), 39-54.
- Jacobsen, D., A.M. Milner, L.E. Brown y O. Dangles, 2012: Biodiversity under threat in glacier-fed river systems. *Nature Climate Change*, **2**(5), 361-364.
- 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**(6), 1053-1068.
- Poff, N.L. y J.K.H. Zimmerman, 2010: Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, **55**(1), 194-205.
- Poff, N.L., B.D. Richter, A.H. Arthington, S.E. Bunn, R.J. Naiman, E. Kendy, M. Acreman, C. Apse, B.P. Bledsoe, M.C. Freeman, J. Henriksen, R.B. Jacobson, J.G. Kennen, D.M. Merritt, J.H. O'Keeffe, J.D. Olden, K. Rogers, R.E. Tharme y A. Warner, 2010: The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater Biology*, **55**(1), 147-170.
- Renfro, B.M., R. Jansson y C. Nilsson, 2010: Effects of hydropower generation and opportunities for environmental flow management in Swedish riverine ecosystems. *Freshwater Biology*, **55**(1), 49-67.
- Stewart, I., D. Cayan y M. Dettinger, 2005: Changes toward earlier streamflow timing across western North America. *Journal of Climate*, **18**(8), 1136-1155.
- Thieme, M.L., B. Lehner, R. Abell y J. Matthews, 2010: Exposure of Africa's freshwater biodiversity to a changing climate. *Conservation Letters*, **3**(5), 324-331.
- van Vliet, M.T.H., F. Ludwig, J.J.G. Zwolsman, G.P. Weedon y P. Kabat, 2011: Global river temperatures and sensitivity to atmospheric warming and changes in river flow. *Water Resources Research*, **47**(2), W02544, doi:10.1029/2010WR009198.
- 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**(3-4), 79-96.
- Xenopoulos, M., D. Lodge, J. Alcamo, M. Marker, K. Schulze y D. Van Vuuren, 2005: Scenarios of freshwater fish extinctions from climate change and water withdrawal. *Global Change Biology*, **11**(10), 1557-1564.

**El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:**

Döll, P. y S.E. Bunn, 2014: Recuadro multicapítulos sobre el impacto del cambio climático en los ecosistemas de agua dulce como consecuencia de alteraciones en los regímenes del caudal fluvial. En: *Cambio climático 2014: Impacts, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.153-156 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

# Fomento de la resiliencia a largo plazo ante los desastres provocados por ciclones tropicales

Yoshiki Saito (Japón), Kathleen McInnes (Australia)

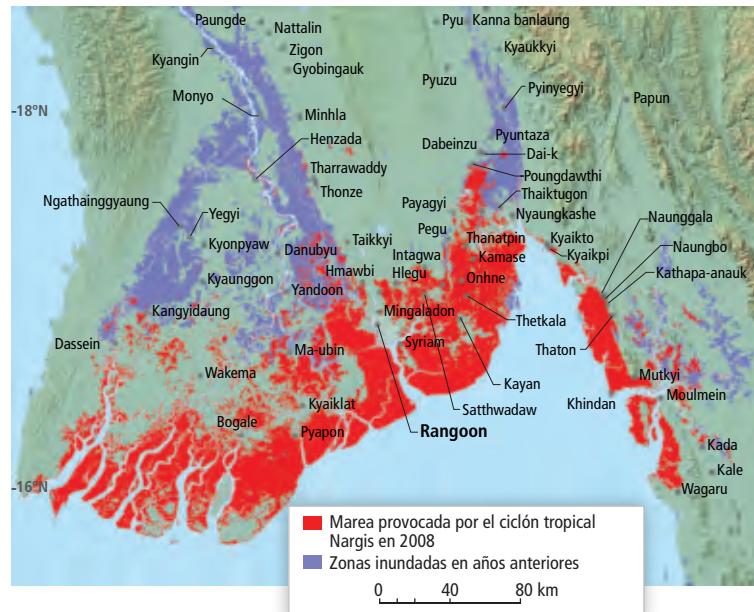
Los ciclones tropicales, también denominados en algunas regiones huracanes y tifones, generan vientos fuertes, lluvias torrenciales, olas altas y mareas, todo lo cual puede repercutir con fuerza en la sociedad y los ecosistemas. En Bangladesh y la India se registra una mortalidad del 86% en episodios de ciclones tropicales (Murray y otros, 2012), principalmente durante las tormentas de categorías más infrecuentes e intensas (es decir, las categorías 3, 4 y 5 en la escala de Saffir-Simpson).

Suelen registrarse al año unos 90 ciclones tropicales en todo el mundo (Seneviratne y otros, 2012), aunque es grande la variabilidad de un año a otro. Los cambios en las técnicas de observación, en particular tras la introducción de satélites a fines de los años setenta, complica la evaluación de las tendencias de los ciclones tropicales en cuanto a frecuencia e intensidad, por lo que es *bajo el nivel de confianza* en que todo aumento observado en la actividad de los ciclones tropicales a largo plazo (es decir, 40 años o más) sea firme, teniendo en cuenta los cambios del pasado en la capacidad de observación (Seneviratne y otros, 2012, capítulo 2). También es *bajo el nivel de confianza* en la detección y atribución de las tendencias de los ciclones tropicales en escalas seculares. Es *probable* que los futuros cambios de los ciclones tropicales resultantes del cambio climático varíen según la región, siendo *medio el nivel de confianza* en que para determinadas regiones el forzamiento a más corto plazo provocado por los aerosoles naturales y antropogénicos haya tenido un efecto mensurable en los ciclones tropicales. Es *probable* que la frecuencia de estos fenómenos disminuya o no sufra variaciones en el siglo XXI, mientras que es *probable* que aumente la intensidad (es decir, la velocidad máxima del viento y las tasas de pluviosidad) (GTI IE5 sección 14.6). Se tiene un nivel de confianza menor en las proyecciones relativas a regiones concretas (véase GTI IE5 recuadro 14.2).

Entre los impactos a más largo plazo de los ciclones tropicales cabe destacar la salinización de los suelos y los suministros de agua en las costas y ulteriores problemas de seguridad hídrica y alimentaria derivados de las mareas y las olas provocadas (Terry y Chui, 2012). Sin embargo, la preparación para los ciclones tropicales extremos mediante mejoras en la gobernanza y el desarrollo orientadas a reducir su impacto ofrece una vía para fomentar la resiliencia a los cambios a más largo plazo derivados del cambio climático.

Los deltas asiáticos son especialmente vulnerables a los ciclones tropicales a causa de la gran densidad demográfica de sus zonas urbanas en expansión (Nicholls y otros, 2007). Los ciclones extremos han causado en Asia desde 1970 más de 500 000 muertes (Murray y otros, 2012), por ejemplo los ciclones Bhola en 1970, Gorky en 1991, Thelma en 1998, Gujarat en 1998, Orissa en 1999, Sidr en 2007 y Nargis en 2008. El ciclón tropical Nargis asoló Myanmar el 2 de mayo de 2008

y causó más de 138 000 muertes. Se produjeron mareas meteorológicas de varios metros de altura que inundaron amplias zonas costeras muy pobladas del delta del Irawadi y tierras adyacentes (Revenga y otros, 2003; Brakenridge y otros, 2013). Las zonas inundadas quedaron captadas el 5 de mayo de 2008 en una imagen de un espektorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS) de la NASA (véase la figura CT-1).



**Figura CT-1 |** Intersección de las inundaciones del interior y las provocadas por la marea meteorológica. En rojo se observan las zonas captadas el 5 de mayo de 2008 por un espektorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS) como afectadas por la marea provocada por el ciclón tropical Nargis a lo largo del delta del Irawady y hacia el este (Myanmar). Las zonas moradas del norte quedaron inundadas por el río en años anteriores.

(Fuente: Brakenridge y otros, 2013.)

Murray y otros (2012), comparando la respuesta al ciclón Sidr en Bangladesh, en 2007, y a Nargis en Myanmar, en 2008, demostraron la manera de aplicar satisfactoriamente métodos de reducción del riesgo de desastre a la adaptación al cambio climático. Pese a ser de potencia semejante, Sidr causó muchas menos muertes que Nargis (3 400 frente a más de 138 000), lo cual se explicó por la anticipación en la preparación y la respuesta de Bangladesh gracias a la experiencia derivada de anteriores ciclones, como Bhola y Gorky. Las respuestas consistieron en la construcción de refugios anticiclones muy compartimentados, la mejora de la capacidad de pronóstico y alerta, el establecimiento de una red de voluntarios costeros y la reforestación de manglares en la costa. Las estrategias de gestión del riesgo de desastre por ciclones tropicales en las zonas costeras ofrecen medidas de protección, permiten prever fenómenos extremos y planificar al respecto y aumentan la resiliencia de las comunidades potencialmente expuestas. La incorporación de las actividades en materia de educación, capacitación y sensibilización en los procesos y prácticas pertinentes en curso es importante para el éxito a largo plazo de la reducción y gestión del riesgo de desastres (Murray y otros, 2012). Sin embargo, Birkmann y Teichman (2010) advierten de que, aunque puede ser deseable la combinación de estrategias de reducción del riesgo con otras de adaptación al cambio climático, la diversidad entre uno y otro objetivo en cuanto a escalas espaciales y temporales, sistemas de normas y tipos y fuentes de conocimiento puede complicar su combinación efectiva.

## CT

## Bibliografía

- Birkman, J. y K. von Teichman, 2010: Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: key challenges – scales, knowledge and norms. *Sustainability Science*, 5, 171-184.
- Brakenridge, G.R., J.P.M. Syvitski, I. Overeem, S.A. Higgins, A.J. Kettner, J.A. Stewart-Moore y R. Westerhoff, 2013: Global mapping of storm surges and the assessment of delta vulnerability. *Natural Hazards*, 66, 1295-1312, doi: 10.1007/s11069-012-0317-z.
- Murray V., G. McBean, M. Bhatt, S. Borsch, T.S. Cheong, W.F. Erian, S. Llosa, F. Nadim, M. Nunez, R. Oyun, y A.G. Suarez, 2012: Estudios de casos. En: *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Informe especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [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 (Reino Unido), y Nueva York, NY (Estados Unidos de América), págs. 487-542.
- Nicholls, R.J., 2007: *Adaptation Options for Coastal Areas and Infrastructure: An Analysis for 2030*. Informe de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Secretaría de la Convención, Bonn (Alemania), 35 págs.
- Revenga, C., J. Nackoney, E. Hoshino, Y. Kura y J. Maidens, 2003: Watersheds of Asia and Oceania: AS 12 Irrawaddy. En: *Water Resources eAtlas: Watersheds of the World*. Producto colectivo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), el Instituto Internacional del Manejo del Agua, la Mesa de la Convención de Ramsar y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), WRI, Washington DC, Estados Unidos, pdf.wri.org/watersheds\_2003/as13.pdf.
- 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: *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Informe especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [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 (Reino Unido), y Nueva York, NY (Estados Unidos de América), págs. 109-230.
- Terry, J. y T.F.M. Chui, 2012: Evaluating the fate of freshwater lenses on atoll islands after eustatic sea level rise and cyclone driven inundation: a modelling approach. *Global and Planetary Change*, 88-89, 76-84.

### El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:

Saito, Y. y K.L. McInnes, 2014: Recuadro multicapítulos sobre fomento de la resiliencia a largo plazo ante los desastres provocados por ciclones tropicales. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.157-158 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

# Tendencias inciertas de los principales ecosistemas de afloramiento

Salvador E. Lluch-Cota (Méjico), Ove Hoegh-Guldberg (Australia), David Karl (Estados Unidos de América), Hans O. Pörtner (Alemania), Svein Sundby (Noruega), Jean-Pierre Gattuso (Francia)

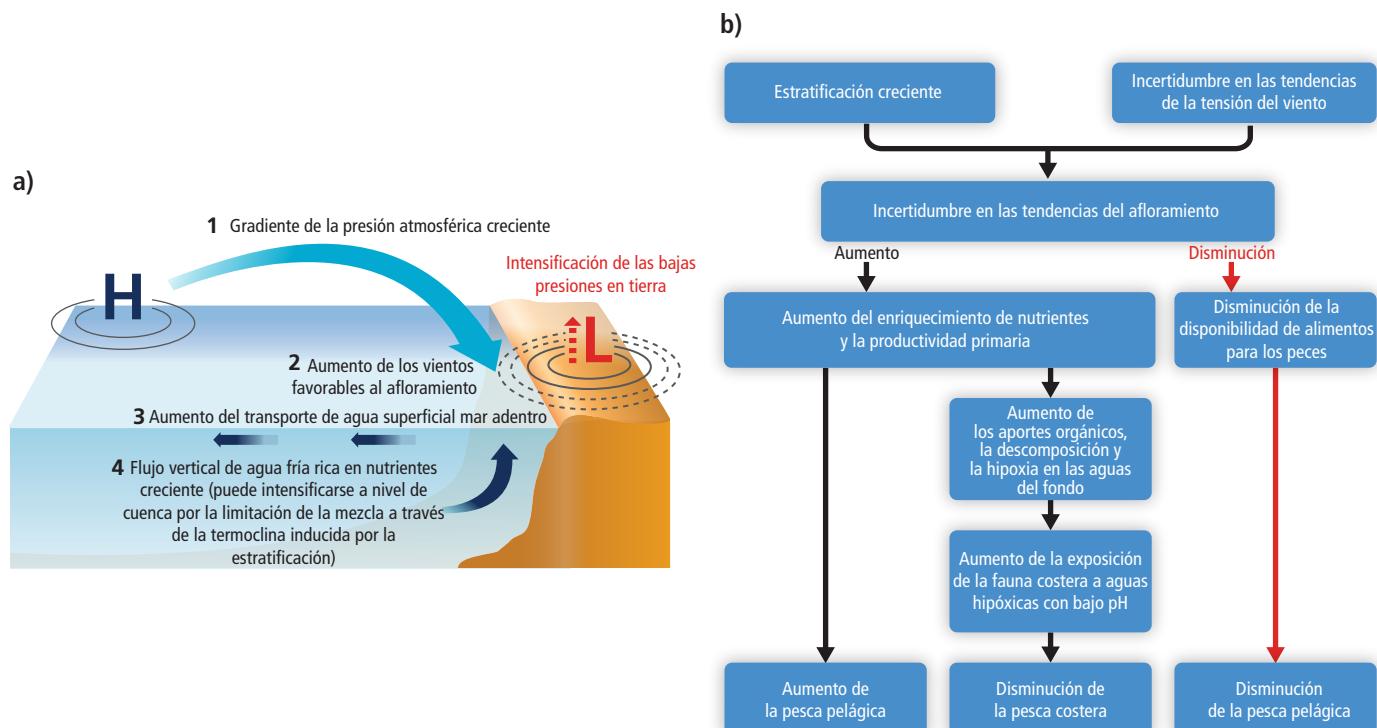
El afloramiento es el transporte vertical de aguas frías, densas, ricas en nutrientes, de pH relativamente bajo y, a menudo, pobres en oxígeno a la zona eufótica, donde abunda la luz. Estas condiciones desencadenan un alto nivel de producción primaria y una biomasa elevada de organismos bentónicos y pelágicos. El afloramiento se ve impulsado por la tensión del viento y la interacción de las corrientes oceánicas con la topografía de los fondos. La intensidad del afloramiento depende también de la estratificación de la columna de agua. Los principales sistemas de afloramiento del planeta, que son el sistema de afloramiento ecuatorial (sección 30.5.2, figura 30.1A) y los afloramientos en las zonas costeras orientales (sección 30.5.5, figura 30.1A), apenas representan un 10% de la superficie oceánica, pero aportan casi un 25% de la producción pesquera mundial (figura 30.1B, cuadro SM30.1).

Los ecosistemas marinos vinculados con los sistemas de afloramiento pueden estar determinados por diversos mecanismos tróficos “ascendentes”; el afloramiento, el transporte y las concentraciones de clorofila presentan un alto grado de acoplamiento y variabilidad estacionales e interanuales. A su vez, estos factores determinan la transferencia trófica que asciende por la cadena alimentaria afectando al zooplancton, los peces que buscan alimento, las aves marinas y los mamíferos marinos.

Suscita abundante debate la manera en que los sistemas de afloramiento podrían alterarse en un océano que se calienta y acidifica. A escala global, el aumento del calor en la superficie oceánica ha aumentado la estratificación un 4% (GTI secciones 3.2, 3.3, 3.8), lo cual supone una mayor necesidad de energía eólica para traer a la superficie las aguas más profundas. Todavía no queda clara la medida en que la tensión del viento puede compensar el aumento de la estratificación, en vista de la incertidumbre que caracteriza a las tendencias de la velocidad del viento (GTI sección 3.4.4). En los trópicos, las disminuciones de los vientos alisios observadas a lo largo de varios decenios contrastan con una evidencia más reciente de fortalecimiento desde fines de la década de 1990 (GTI sección 3.4.4). De hecho, las observaciones y las tareas de modelización presentan tendencias divergentes en cuanto al afloramiento costero en los límites orientales del Pacífico y el Atlántico. Bakun (1990) postuló que la diferencia entre la tierra y el océano en las tasas de aumento del calor producía un aumento del gradiente de presión a raíz del cual cobraban fuerza los vientos que soplaban en el litoral y se intensificaba el transporte mar adentro de agua superficial mediante bombeo Ekman, así como el afloramiento de aguas frías y ricas en nutrientes (figura AF-1). Algunos registros regionales corroboran esta hipótesis, mientras que otros no. Es considerable la variabilidad de las tendencias de calentamiento y enfriamiento en los últimos decenios, tanto dentro de un mismo sistema como de un sistema a otro, con lo cual resulta difícil prever los cambios de intensidad de todos los afloramientos en las zonas costeras orientales (sección 30.5.5).

Entender si el afloramiento y el cambio climático repercutirán en la biota residente de forma acumulada, sinérgica o antagónica es importante para las proyecciones de los cambios en los bienes y servicios ecológicos suministrados a la sociedad humana. Aunque los afloramientos pueden resultar más resilientes al cambio climático que otros ecosistemas oceánicos a causa de su capacidad de funcionar en condiciones muy variables (Capone y Hutchins, 2013), las consecuencias de sus desplazamientos son muy importantes, pues estos sistemas suponen una proporción apreciable de la productividad primaria y la captura de peces a escala mundial (figura 30.1A, B; cuadro SM30.1) Un mayor afloramiento aumentaría el rendimiento pesquero. Sin embargo, la exportación de material orgánico de la superficie a capas más profundas del océano puede aumentar y estimular su descomposición por actividad microbiana, algo que intensificaría el agotamiento de oxígeno y el enriquecimiento en CO<sub>2</sub> en capas del agua más profundas. Cuando esta agua vuelva a la superficie mediante afloramiento, las comunidades costeras bentónicas y pelágicas quedarán expuestas a agua acidificada y desoxigenada que podrá combinarse con el impacto antropógeno afectando negativamente a la biota marina y la estructura de los ecosistemas de las capas superiores del océano (*nivel de confianza alto*, secciones 6.3.2, 6.3.3, 30.3.2.2, 30.3.2.3). La hipoxia extrema puede provocar una mortalidad anormal de peces e invertebrados (Keller y otros, 2010), reducir el potencial pesquero y repercutir en la acuicultura en las zonas costeras (Barton y otros, 2012; véanse también las secciones 5.4.3.3, 6.3.3, 6.4.1, 30.5.1.1.2, 30.5.5.1.3). Los desplazamientos de los afloramientos también coinciden con un incremento aparente de la frecuencia de las erupciones submarinas de metano y sulfuro de hidrógeno debidas a una mayor formación de biomasa de fitoplancton y su hundimiento hasta el fondo del mar hipóxico o anóxico. Esta combinación de factores se ha puesto en relación con el alto grado de mortalidad de los peces e invertebrados costeros (Bakun y Weeks, 2004; Bakun y otros, 2010), causa de una notable disminución de la productividad pesquera, como la de la merluza del Cabo (*Merluccius capensis*), que es el pescado más valioso de Namibia (Hamukuaya y otros, 1998).

Con la disminución del afloramiento también disminuiría la productividad de importantes operaciones de pesca pelágica, como de sardinas, anchoas y caballa, lo cual tendría repercusiones de gran calado en las economías de varios países (sección 6.4.1, capítulo 7, figura 30.1A, B, cuadro S30.1). Sin embargo, bajo escenarios de disminución del aporte ascendente de nutrientes a causa de la estratificación en mar abierto, el afloramiento de nutrientes y elementos traza puede cobrar cada vez más importancia para el mantenimiento de inventarios de nutrientes y elementos traza metálicos en las capas superiores del océano. Se ha sugerido que las zonas de afloramiento tal vez eleven también el contenido de nutrientes y la productividad en condiciones de mayor estratificación y que las aguas afloradas y desnitrificadas en parte, que contienen un exceso de fosfato, pueden seleccionar microorganismos que fijan el N<sub>2</sub> (Deutsch y otros, 2007; Deutsch y Weber, 2012), pero las observaciones sobre el terreno de la fijación de N<sub>2</sub> en estas regiones no han confirmado tales previsiones (Fernandez y otros, 2011; Franz y otros, 2012). En consecuencia, aún debe validarse la función de este proceso en la producción primaria mundial (*nivel de confianza bajo*).



**Figura AF-1 | a)** Mecanismo hipotético de intensificación del afloramiento costero debido al viento en los sistemas de afloramiento ecuatorial y de afloramiento en las zonas costeras orientales (figura 30-1), donde las diferencias en las tasas de calentamiento de la tierra y el océano dan lugar a (1) gradientes de presión más altos entre la tierra y el océano que producen (2) vientos que soplan con más fuerza en el litoral y (3) movimientos en alta mar de agua superficial mediante transporte Ekman, así como (4) un mayor afloramiento de aguas profundas y frías ricas en nutrientes que vienen a ocupar su lugar. **b)** Posibles consecuencias del cambio climático en los sistemas de afloramiento. La mayor estratificación e incertidumbre en las tendencias de la tensión del viento genera incertidumbre en las tendencias del afloramiento. El aumento del afloramiento puede elevar el aporte de nutrientes a la zona eufótica, así como la producción primaria, lo cual puede a su vez potenciar la pesca pelágica a la vez que hace disminuir la pesca costera a causa de la mayor exposición de la fauna costera a aguas hipóxicas con un pH bajo. La disminución del afloramiento puede comportar un descenso de la producción primaria en estos sistemas, lo cual repercute directamente en la productividad de la pesca pelágica.

En ese sentido, lo fundamental es determinar si el afloramiento va a intensificarse y, en caso afirmativo, si los efectos del afloramiento intensificado en los inventarios de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> pesan más que sus beneficios para la producción primaria y que la pesca y la acuicultura conexas (*nivel de confianza bajo*). En todo caso, el aumento de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> se equilibrará con las aguas que afloran, que tal vez las hagan más corrosivas, dependiendo de la presión parcial del CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>) del agua aflorada, lo cual podría afectar cada vez más a la biota de los afloramientos en las zonas costeras orientales.

## Bibliografía

- Bakun, A., 1990: Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, **247**(4939), 198-201.
- Bakun, A. y S.J. Weeks, 2004: Greenhouse gas buildup, sardines, submarine eruptions and the possibility of abrupt degradation of intense marine upwelling ecosystems. *Ecology Letters*, **7**(11), 1015-1023.
- Bakun, A., D. B. Field, A. N. A. Redondo-Rodriguez y S. J. Weeks, 2010: Greenhouse gas, upwelling-favorable winds, and the future of coastal ocean upwelling ecosystems. *Global Change Biology* **16**:1213-1228.
- Barton, A., B. Hales, G.G. Waldbusser, C. Langdon y R.A. Feely, 2012: The Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, shows negative correlation to naturally elevated carbon dioxide levels: implications for near-term ocean acidification effects. *Limnology and Oceanography*, **57**(3), 698-710.
- Capone, D.G. y D.A. Hutchins, 2013: Microbial biogeochemistry of coastal upwelling regimes in a changing ocean. *Nature Geoscience*, **6**(9) 711-717.
- Deutsch, C. y T. Weber, 2012: Nutrient ratios as a tracer and driver of ocean biogeochemistry. *Annual Review of Marine Science*, **4**, 113-141.
- Deutsch, C., J.L. Sarmiento, D.M. Sigman, N. Gruber y J.P. Dunne, 2007: Spatial coupling of nitrogen inputs and losses in the ocean. *Nature*, **445**(7124), 163-167.
- Fernandez, C., L. Farías y O. Ulloa, 2011: Nitrogen fixation in denitrified marine waters. *PLoS ONE*, **6**(6), e20539, doi:10.1371/journal.pone.0020539.
- Franz, J., G. Krahmann, G. Lavik, P. Grasse, T. Dittmar y U. Riebesell, 2012: Dynamics and stoichiometry of nutrients and phytoplankton in waters influenced by the oxygen minimum zone in the eastern tropical Pacific. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, **62**, 20-31.
- Hamukuaya, H., M.J. O'Toole y P.M.J. Woodhead, 1998: Observations of severe hypoxia and offshore displacement of Cape hake over the Namibian shelf in 1994. *South African Journal of Marine Science*, **19**(1), 57-59.
- Keller, A.A., V. Simon, F. Chan, W.W. Wakefield, M.E. Clarke, J.A. Barth, D. Kamikawa y E.L. Fruh, 2010: Demersal fish and invertebrate biomass in relation to an offshore hypoxic zone along the US West Coast. *Fisheries Oceanography*, **19**, 76-87.

El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:

Lluch-Cota, S.E., O. Hoegh-Guldberg, D. Karl, H.-O. Pörtner, S. Sundby y J.-P. Gattuso, 2014: Recuadro multicapítulos sobre tendencias inciertas de los principales ecosistemas de afloramiento. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.159-161 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).



# Interacciones urbano-rurales: contexto de la vulnerabilidad, el impacto y la adaptación en relación con el cambio climático

John Morton (Reino Unido), William Solecki (Estados Unidos de América), Purnamita Dasgupta (India), David Dodman (Jamaica), Marta G. Rivera-Ferre (España)

Las zonas rurales y urbanas siempre han estado interconectadas y han sido interdependientes, pero en los últimos decenios han surgido nuevas formas de interconexión: tendencia a que se difuminen los límites de las zonas rurales y urbanas y nuevos tipos de usos del suelo y de las actividades económicas practicadas en esos límites. Estas condiciones tienen consecuencias importantes para entender los impactos del cambio climático, las vulnerabilidades correspondientes y las oportunidades de adaptación. En este recuadro multicapítulos se examinan tres consecuencias fundamentales de estas interacciones:

- 1) Fenómenos climáticos extremos en las zonas rurales que tienen impactos en las zonas urbanas: con las telecomunicaciones entre los recursos y las corrientes de migración, los fenómenos climáticos extremos surgidos en ubicaciones no urbanas, junto con las consiguientes variaciones en el suministro de agua, el potencial de la agricultura rural y la habitabilidad de las zonas rurales, las ciudades se verán afectadas en fases ulteriores.
- 2) Fenómenos característicos de la interfaz urbano-rural: a raíz de la gran integración de las zonas limítrofes urbano-rurales y la necesidad general de atender en estos entornos la demanda tanto rural como urbana, se presenta un conjunto de impactos, vulnerabilidades y oportunidades de adaptación propios de estas ubicaciones. Entre los impactos figuran la pérdida de producción agrícola local, la marginación económica, al no tratarse de zonas propiamente rurales ni urbanas, y la presión en la salud humana.
- 3) Infraestructura integrada y perturbación de los servicios: en vista de que la demanda urbana suele anteponerse, los sistemas de recursos rurales y urbanos interdependientes ponen en peligro las zonas rurales aledañas, que en condiciones de estrés climático padecen con más frecuencia escasez de recursos u otras perturbaciones cuando se sostienen los recursos de las ciudades. Por ejemplo, cuando los recursos son exiguos a causa de un riesgo climático, como una sequía, las zonas urbanas tienen ventaja en virtud de las exigencias políticas, sociales y económicas, que prescriben el mantenimiento del suministro de servicios a las ciudades en detrimento de los emplazamientos y asentamientos rurales, relativamente marginales.

Históricamente, las zonas urbanas han dependido de las tierras limítrofes para obtener la mayoría de sus recursos fundamentales, como agua, alimentos y energía. Aunque en muchos contextos siguen presentes las conexiones entre los asentamientos urbanos y las zonas rurales circundantes, se han implantado cadenas de suministro a distancia, a gran escala y teleconectadas, en particular en lo que hace a los recursos energéticos y el suministro de alimentos (Güneralp y otros, 2013). Las perturbaciones causadas por episodios extremos en zonas de recursos alejadas o en la cadena de suministro y su infraestructura conexa pueden tener impactos negativos en las zonas urbanas que dependen de estos insumos (Wilbanks y otros, 2012). El verano de 2012, por ejemplo, un prolongado período de sequía en el centro de los Estados Unidos comportó

una disminución acusada del caudal del río Mississippi, lo cual condujo a interrupciones del tráfico de barcas y retrasos en el transporte de productos a ciudades de todo el país. El suministro urbano de agua también es vulnerable a las sequías en las zonas predominantemente urbanas. En el caso de Bulawayo (Zimbabwe), las sequías rurales han ocasionado en los últimos decenios una escasez periódica de agua en las zonas urbanas (Mkandla y otros, 2005).

Otra teleconexión entre las zonas rurales y urbanas es la migración rural-urbana. En algunos casos se han achacado las pautas migratorias y de urbanización al cambio climático o sus indicadores indirectos, como en partes de África (Morton, 1989; Barrios y otros, 2006). Sin embargo, como reconocen Black y otros (2011), la vida en las zonas rurales de todo el planeta normalmente obedece a pautas complejas de migración rural-urbana y rural-rural que están sujetas a factores económicos, políticos, sociales y demográficos y se ven modificadas o intensificadas por fenómenos y tendencias climáticos, en lugar de tener exclusivamente en ellos su causa.

A escala mundial ha aumentado la amalgama de cualidades urbanas y rurales. Simon y otros (2006, pág. 4) afirman que la mera dicotomía entre "rural" y "urbano" "hace tiempo que ha perdido sentido, en la práctica o a efectos de formulación de políticas, en muchas partes del Sur global". Para superar estas contradicciones, cada vez se aplica más el concepto de "zonas periurbanas" (Simon y otros, 2006; Simon, 2008), que pueden entenderse como emplazamientos rurales que han "adquirido un carácter más urbano" (Webster, 2002, pág. 5); lugares donde los hogares se dedican a una gama más amplia de actividades generadoras de ingresos mientras siguen residiendo en "entornos predominantemente rurales" (Lerner y Eakin, 2010, pág. 1); o ubicaciones en las que coexisten usos rurales y urbanos de las tierras, ya sea en parcelas contiguas o fragmentadas (Bowyer-Bower, 2006). A la vez, los habitantes de zonas puramente urbanas en el interior de ciudades han pasado también a dedicarse más a la agricultura produciendo alimentos básicos, cultivos de mayor valor y ganado (Bryld, 2003; Devendra y otros, 2005; Lerner y Eakin, 2010; Lerner y otros, 2013). Bryld (2003) considera que la causa de ello reside en la migración rural-urbana y en el ajuste estructural (p. ej., la eliminación de los controles de los precios de los alimentos y las subvenciones a la alimentación). Lerner y Eakin (2011; también Lerner y otros, 2013) estudiaron los motivos de que se produzcan alimentos en entornos urbanos, a pesar de los altos costos de oportunidad del suelo y la mano de obra; se trata de la protección frente al riesgo de los mercados urbanos de trabajo, inseguros; una respuesta a la demanda del consumidor; y la atención de las necesidades culturales.

Los medios de subsistencia y las zonas de la interfaz rural-urbana sufren formas muy concretas de vulnerabilidad a los desastres, incluidos los desastres relacionados con el clima, que pueden definirse sucintamente como los casos en que se combinan las vulnerabilidades urbanas de concentración demográfica, dependencia de la infraestructura y diversidad social que limitan el apoyo social con rasgos rurales como la distancia, el aislamiento y la desatención por parte de los responsables de políticas (Pelling y Mustafa, 2010). La mayor conectividad también puede servir de acicate a la expropiación de terrenos en aras del desarrollo de tierras con fines comerciales (Pelling y Mustafa, 2010). La vulnerabilidad puede deberse a la coexistencia de perspectivas rurales y urbanas que pueden generar conflictos entre distintos grupos sociales y de interés y actividades económicas (Masuda y Garvin, 2008; Solona-Solona 2010; Darly y Torre, 2013).

Las zonas periurbanas también sufren vulnerabilidad a causa de disposiciones institucionales reconstituidas y sus limitaciones estructurales (Iaquinta y Drescher, 2000). El declive acelerado de las instituciones oficiales y las formas de acción colectiva tradicionales, sumado a su sustitución imperfecta por instituciones estatales y de mercado oficiales, también puede elevar la vulnerabilidad (Pelling y Mustafa, 2010).

Las zonas y los medios de subsistencia periurbanos, que son poco visibles para los responsables de las políticas de ámbito local y nacional, pueden sufrir la falta de servicios necesarios, así como políticas inadecuadas y descoordinadas. En Tanzania y Malawi las políticas nacionales de extensión agrícola dirigida a los grupos de agricultores, por ejemplo, no llegan a los agricultores periurbanos (Liwenga y otros, 2012). En zonas periurbanas que circundan Ciudad de México (Eakin y otros, 2013), la gestión del alto riesgo de inundación corresponde de hecho a organismos agrícolas y encargados de las aguas, pues los municipios periurbanos carecen de capacidad, a pesar de que se tienen indicios claros de que la invasión urbana es un motor crítico del riesgo de inundación. En el contexto de los países desarrollados las zonas limítrofes suburbanas y exurbanas a menudo quedan fuera del radio de acción de las políticas, tradicionalmente centrado en el desarrollo rural y la producción agrícola o en el crecimiento y los servicios urbanos (Hanlon y otros, 2010). La función ambiental de la agricultura urbana, en particular a efectos de protección frente a inundaciones, aumentará en el contexto del cambio climático (Aubry y otros, 2012).

No obstante, las zonas periurbanas y los medios de subsistencia mixtos en un sentido más amplio propios de las interfaces rural-urbanas también presentan factores específicos que aumentan su resiliencia a las conmociones climáticas (Pelling y Mustafa, 2010). La mayor conectividad del transporte en estas zonas puede reducir el riesgo de desastre ofreciendo una mayor diversidad de opciones de subsistencia y mejorando el acceso a la educación. La ampliación de los mercados de trabajo locales y del trabajo asalariado en estas zonas puede fortalecer la capacidad adaptativa ofreciendo nuevas oportunidades de subsistencia (Pelling y Mustafa, 2010). El mantenimiento de opciones mixtas de medios de subsistencia agrícolas y no agrícolas sirve también para repartir el riesgo (Lerner y otros, 2013).

En los países de ingresos altos se han fomentado prácticas dirigidas a mejorar los servicios ecosistémicos y la agricultura localizada que es más normal vincular con zonas de menor densidad. En muchas situaciones estas prácticas cada vez se centran más en la adaptación al clima y la mitigación de los impactos de los fenómenos climáticos extremos, como los que guardan relación con el calor y el efecto de isla de calor urbana o las labores de restauración de los humedales para limitar el impacto de las olas de mareas meteorológicas (Verburg y otros, 2012).

El espectacular crecimiento de las zonas urbanas comporta también una progresiva marginación política y económica de las zonas y comunidades rurales en los contextos nacionales, con lo cual pueden surgir en esos lugares perturbaciones de la infraestructura y los servicios. Se han documentado conflictos rural-urbanos en curso relacionados con la ordenación de recursos naturales (Castro y Nielsen, 2003) como el agua (Celio y otros, 2011) o la conversión del uso del suelo en zonas rurales, como en el caso de los parques eólicos en la Cataluña rural (Zografos y Martínez-Alier, 2009), las zonas costeras industriales de Suecia (Stepanova y Bruckmeier, 2013) o la conversión de tierras arroceras de Filipinas con fines industriales, residenciales y recreativos (Kelly, 1998), y está previsto que el estrés derivado del impacto del cambio climático en las tierras y los recursos naturales agrave estas tensiones. Por ejemplo, la disminución de la disponibilidad de agua inducida por el clima puede ser más preocupante que el crecimiento demográfico o el aumento de su uso per cápita para velar por que se mantenga el abastecimiento de agua a las grandes ciudades (Jenerette y Larsen, 2006), lo cual exige un enfoque innovador para hacer frente a esos conflictos (Pearson y oros, 2010).

## Bibliografía

- Aubry, C., J. Ramamonjisoa, M.-H. Dabat, J. Rakotoarisoa, J. Rakotondraibe y L. Rabeharisoa, 2012:** Urban agriculture and land use in cities: an approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar). *Land Use Policy*, **29**, 429-439.
- Barrios, S., L. Bertinelli y E. Strobl, 2006:** Climatic change and rural-urban migration: the case of sub-Saharan Africa. *Journal of Urban Economics*, **60**, 357-371.
- Black, R., W.N. Adger, N.W. Arnell, S. Dercon, A. Geddes y D. Thomas, 2011:** The effect of environmental change on human migration. *Global Environmental Change*, **21**(Suppl. 1), S3-S11.
- Bowyer-Bower, T., 2006:** The inevitable illusiveness of 'sustainability' in the peri-urban interface: the case of Harare. En: *The Peri-Urban Interface: Approaches to Sustainable Natural and Human Resource Use* [McGregor, D., D. Simon y D. Thompson (eds.)]. Earthscan, Londres (Reino Unido) y Sterling, VA (Estados Unidos de América), págs. 151-164.
- Bryild, E., 2003:** Potentials, problems, and policy implications for urban agriculture in developing countries. *Agriculture and Human Values*, **20**, 79-86.
- Castro, A.P. y E. Nielsen, 2003:** *Natural Resource Conflict Management Case Studies: An Analysis of Power, Participation and Protected Areas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma (Italia), 268 págs.
- Darly, S. y A. Torre, 2013:** Conflicts over farmland uses and the dynamics of "agri-urban" localities in the Greater Paris Region: an empirical analysis based on daily regional press and field interviews. *Land Use Policy*, **30**, 90-99.
- Devendra, C., J. Morton, B. Rischowsky y D. Thomas, 2005:** Livestock systems. En: *Livestock and Wealth Creation: Improving the Husbandry of Livestock Kept by the Poor in Developing Countries* [Owen, E., A. Kitalyi, N. Jayasuriya y T. Smith (eds.)]. Nottingham University Press, Nottingham (Reino Unido), págs. 29-52.
- Dixon, J.M., K.J. Donati, L.L. Pike y L. Hattersley, 2009:** Functional foods and urban agriculture: two responses to climate change-related food insecurity. *New South Wales Public Health Bulletin*, **20**(2), 14-18.
- Eakin, H., A. Lerner y F. Murtinho, 2013:** Adaptive capacity in evolving peri-urban spaces; responses to flood risk in the Upper Lerma River Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, **20**(1), 14-22.
- Güneralp, B., K.C. Seto y M. Ramachandran, 2013:** Evidence of urban land teleconnections and impacts on hinterlands. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **5**(5), 445-451.
- Hanlon, B., J.R. Short y T.J. Vicino, 2010:** *Cities and Suburbs: New Metropolitan Realities in the US*. Routledge, Oxford (Reino Unido) y Nueva York, NY (Estados Unidos de América), 304 págs.
- Hoggart, K., 2005:** *The City's Hinterland: Dynamism and Divergence in Europe's Peri-Urban Territories*. Ashgate Publishing, Ltd., Aldershot (Reino Unido) y Ashgate Publishing Co., Burlington, VT (Estados Unidos de América) 186 págs.
- Iaquinta, D.L. y A.W. Drescher, 2000:** Una definición de «periurbano»: relaciones entre el sector rural y el urbano y vinculaciones institucionales. Reforma agraria: *Colonización y cooperativas*, 2000(2), 8-26, [www.fao.org/docrep/003/X8050T/X8050T00.HTM](http://www.fao.org/docrep/003/X8050T/X8050T00.HTM).
- Jenerette, GD y L Larsen, 2006:** A global perspective on changing sustainable urban water supplies. *Global and Planetary Change*, **50**(3-4), 202-211.
- Kelly, P.F., 1998:** The politics of urban-rural relations: land use conversion in the Philippines. *Environment and Urbanization*, **10**(1), 35-54, doi:10.1177/095624789801000116.
- Lerner, A.M. y H. Eakin, 2010:** An obsolete dichotomy? Rethinking the rural-urban interface in terms of food security and production in the global south. *Geographical Journal*, **177**(4), 311-320.
- Lerner, A.M., H. Eakin y S. Sweeney, 2013:** Understanding peri-urban maize production through an examination of household livelihoods in the Toluca Metropolitan Area, Mexico. *Journal of Rural Studies*, **30**, 52-63.
- Liwenga, E., E. Swai, L. Nsemwa, A. Katunzi, B. Gwambene, M. Joshua, F. Chipungu, T. Stathers y R. Lamboll, 2012:** *Exploring Urban Rural Interdependence and the Impact of Climate Change in Tanzania and Malawi: Final Narrative Report*. Informe de proyecto, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Ottawa, ON (Canadá).
- Masuda, J. y T. Garvin, 2008:** Whose heartland? The politics of place at the rural-urban interface. *Journal of Rural Studies*, **24**, 118-123.
- Mattia, C., C.A. Scott y M. Giordano, 2010:** Urban-agricultural water appropriation: the Hyderabad, India case. *Geographical Journal*, **176**(1), 39-57.
- Mkandla, N., P. Van der Zaag y P. Sibanda, 2005:** Bulawayo water supplies: sustainable alternatives for the next decade. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, **30**(11-16), 935-942.
- Morton, J., 1989:** Ethnicity and politics in Red Sea Province, Sudan. *African Affairs*, **88**(350), 63-76.
- Pearson, L.J., A. Coggan, W. Proctor y T.F. Smith, 2010:** A sustainable decision support framework for urban water management. *Water Resources Management*, **24**(2), 363-376.
- Pelling, M. y D. Mustafa, 2010:** *Vulnerability, Disasters and Poverty in Desakota Systems*. Political and Development Working Paper Series, Nº 31, King's College London, Londres (Reino Unido), 26 págs.
- Simon, D., 2008:** Urban environments: issues on the peri-urban fringe. *Annual Review of Environmental Resources*, **33**, 167-185.
- Simon, D., D. McGregor y D. Thompson, 2006:** Contemporary perspectives on the peri-urban zones of cities in developing countries. En: *The Peri-Urban Interface: Approaches to Sustainable Natural and Human Resource Use* [McGregor, D., D. Simon y D. Thompson (eds.)]. Earthscan, Londres (Reino Unido) y Sterling, VA (Estados Unidos de América), págs. 3-17.
- Solana-Solana, M., 2010:** Rural gentrification in Catalonia, Spain: a case study of migration, social change and conflicts in the Empordanet area. *Geoforum*, **41**(3), 508-517.

- Stepanova, O. y K. Bruckmeier, 2013: Resource use conflicts and urban-rural resource use dynamics in Swedish coastal landscapes: comparison and synthesis. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 15(4), 467-492, doi:10.1080/1523908X.2013.778173.
- Verburg, P.H., E. Koomen, M. Hilferink, M. Perez-Soba y J.P. Lesschen, 2012: An assessment of the impact of climate adaptation measures to reduce flood risk on ecosystem services. *Landscape Ecology*, 27, 473-486.
- Webster, D., 2002: *On the Edge: Shaping the Future of Peri-Urban East Asia*. Asia/Pacific Research Center (A/PARC), Stanford, CA (Estados Unidos de América), 49 págs.
- Wilbanks, T., S. Fernandez, G. Backus, P. Garcia, K. Jonietz, P. Kirshen, M. Savonis, W. Solecki y T. Toole, 2012: *Climate Change and Infrastructure, Urban systems and Vulnerabilities*. Technical Report prepared by the Oak Ridge National Laboratory (ORNL) for the US Department of Energy in support of the National Climate Assessment, ORNL, Oak Ridge, TN, 19 págs., [www.esd.ornl.gov/eess/Infrastructure.pdf](http://www.esd.ornl.gov/eess/Infrastructure.pdf).
- Zasada, I., 2011: Multifunctional peri-urban agriculture – a review of societal demands and the provision of goods and services by farming. *Land Use Policy*, 28(4), 639-648.
- Zografos, C. y J. Martínez-Alier, 2009: The politics of landscape value: a case study of wind farm conflict in rural Catalonia. *Environment and Planning A*, 41(7), 1726-1744.

El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:

Morton, J.J.F., W. Solecki, P. Dasgupta, D. Dodman y M.G. Rivera-Ferre, 2014: Recuadro multicapítulos sobre interacciones urbano-rurales: contexto de la vulnerabilidad, el impacto y la adaptación en relación con el cambio climático. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.163-166 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

# Contribución directa de la vegetación a la alteración de los flujos de agua en condiciones de cambio climático

Dieter Gerten (Alemania), Richard Betts (Reino Unido), Petra Döll (Alemania)

El clima, la vegetación y los ciclos del carbono y el agua van íntimamente ligados, en particular a través de los procesos simultáneos de transpiración y absorción de CO<sub>2</sub> a través de los estomas de las plantas en el proceso de la fotosíntesis. De ahí que los flujos de agua, como la escorrentía y la evapotranspiración, se vean afectados no solo directamente por el cambio climático antropógeno en sí (es decir, por cambios en las variables climáticas, como la temperatura y la precipitación), sino también indirectamente por las respuestas de las plantas al aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Además, los efectos del cambio climático (p. ej., una mayor temperatura o alteraciones en la precipitación) en la estructura de la vegetación, la producción de biomasa y la distribución vegetal influyen de forma indirecta en los flujos de agua. El incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> afecta a la vegetación y a los flujos de agua conexos de dos formas diversas, como se desprende de una amplia evidencia del laboratorio del proyecto de enriquecimiento en CO<sub>2</sub> al aire libre (FACE) y de experimentos de modelización (p. ej., Leakey y otros, 2009; Reddy y otros, 2010; de Boer y otros, 2011). Por un lado, un efecto *fisiológico* provoca una reducción de la apertura de los estomas que guarda relación con un menor flujo de agua por los estomas, es decir, con una menor transpiración en las hojas. Por otro lado, un efecto *estructural* ("efecto de fertilización") estimula la fotosíntesis y la producción de biomasa de plantas C<sub>3</sub>, incluidas todas las especies de árboles, lo cual acaba elevando la transpiración a escala regional. Es fundamental determinar la medida en que los cambios en la vegetación y la transpiración inducidos por el clima y el CO<sub>2</sub> repercuten en cambios en la escorrentía regional y mundial.

El efecto fisiológico del CO<sub>2</sub> está vinculado con una mayor eficiencia intrínseca en el uso de agua por las plantas, lo cual quiere decir que es menor la transpiración de agua por cada unidad de carbono asimilada. Esta conclusión se verifica por los registros de isótopos de carbono estables en las plantas leñosas (Peñuelas y otros, 2011), lo cual da idea de que la eficiencia en el uso de agua por los árboles maduros aumentó un 20,5% entre principios de la década de 1960 y principios de la década de 2000. También se han detectado aumentos desde la época preindustrial en varias ubicaciones forestales (Andreu-Hayles y otros, 2011; Gagen y otros, 2011; Loader y otros, 2011; Nock y otros, 2011) y en una pradera seminatural templada (Koehler y otros, 2010), aunque en una especie arbórea boreal la eficiencia en el uso de agua dejó de aumentar a partir de 1970 (Gagen y otros, 2011). El análisis de las mediciones a largo plazo del carbono y el flujo del agua presentes en la totalidad de los ecosistemas de 21 sitios de bosques templados y boreales de América del Norte corrobora que la eficiencia hídrica ha aumentado considerablemente en los dos últimos decenios (Keenan y otros, 2013). El aumento global de la eficiencia de uso del agua durante el pasado siglo está documentado en los resultados de los modelos de ecosistemas (Ito e Inatomi, 2012).

Influye de manera decisiva en la importancia del aumento de la eficiencia en el uso de agua para la transpiración a gran escala que la estructura y la producción de la vegetación hayan permanecido aproximadamente constantes (como se da por supuesto en el estudio de modelización mundial de Gedney y otros, 2006) o que en algunas regiones estas hayan aumentado por el efecto estructural del CO<sub>2</sub> (como se da por supuesto en los modelos de Piao y otros, 2007; Gerten y otros, 2008). Aunque los resultados sobre el terreno varían notablemente de un sitio a otro, los estudios de los anillos arbóreos dan a entender que el crecimiento de los árboles no ha aumentado a escala mundial desde la década de 1970 a causa del cambio climático y de la concentración de CO<sub>2</sub> (Andreu-Hayles y otros, 2011; Peñuelas y otros, 2011). Sin embargo, de mediciones del área basimétrica realizadas en más de 150 parcelas diversas de los trópicos cabe deducir que en los últimos decenios han aumentado la biomasa y las tasas de crecimiento en los bosques tropicales intactos (Lewis y otros, 2009). Así se corrobora en 55 parcelas de bosques templados donde se sospecha que contribuyen los efectos del CO<sub>2</sub> (McMahon y otros, 2010). De las observaciones por satélite analizadas en Donohue y otros (2013) se puede entender que el aumento de la cubierta vegetal en un 11% en tierras secas cálidas (período 1982-2010) se debe a la fertilización por CO<sub>2</sub>. A causa de la combinación de efectos fisiológicos y estructurales, sigue siendo bastante limitado el impacto neto del aumento del CO<sub>2</sub> en la transpiración y la escorrentía a escala global. Otro motivo de ello es que la limitación de nutrientes, que a menudo se omite en los estudios de modelización, puede suprimir el efecto de fertilización por CO<sub>2</sub> (véase Rosenthal y Tomeo, 2013).

En consecuencia, son dispares las opiniones sobre si los efectos directos del CO<sub>2</sub> en las plantas ya tienen una influencia apreciable en la evapotranspiración y la escorrentía a escala global. En el Cuarto Informe de Evaluación se citaba un trabajo de Gedney y otros (2006) en el que se proponía que el efecto fisiológico del CO<sub>2</sub> (transpiración inferior) contribuía a un presunto aumento de la escorrentía global observada en reconstrucciones realizadas por Labat y otros (2004). Sin embargo, en un análisis más reciente basado en un conjunto de datos más completo (Dai y otros, 2009) se daba a entender que el número de cuencas fluviales cuya escorrentía disminuía superaba con diferencia al de cuencas cuya escorrentía aumentaba, de modo que es *probable* un leve descenso de la escorrentía global en el período 1948-2004. De ahí que la detección de las contribuciones de la vegetación a los cambios en los flujos de agua dependa decisivamente de la disponibilidad y la calidad de observaciones hidrometeorológicas (Haddeland y otros; Lorenz y Kunstmann, 2012). Globalmente, la evidencia desde el Cuarto Informe de Evaluación apunta a que las variaciones y tendencias climáticas han sido en los últimos decenios el principal motor del cambio en la escorrentía global; tanto el aumento del CO<sub>2</sub> como los cambios en los usos del suelo han contribuido en menor medida (Piao y otros, 2007; Gerten y otros, 2008; Alkama y otros, 2011; Sterling y otros, 2013). Asimismo, Oliveira y otros (2011) indicaron la importancia de los cambios en la radiación solar incidente y la función mediadora de la vegetación; según sus simulaciones globales, una mayor proporción de radiación difusa de 1960 a 1990 puede haber incrementado un 3% la evapotranspiración en los trópicos como consecuencia del mayor grado de fotosíntesis de las hojas que quedaban a la sombra.

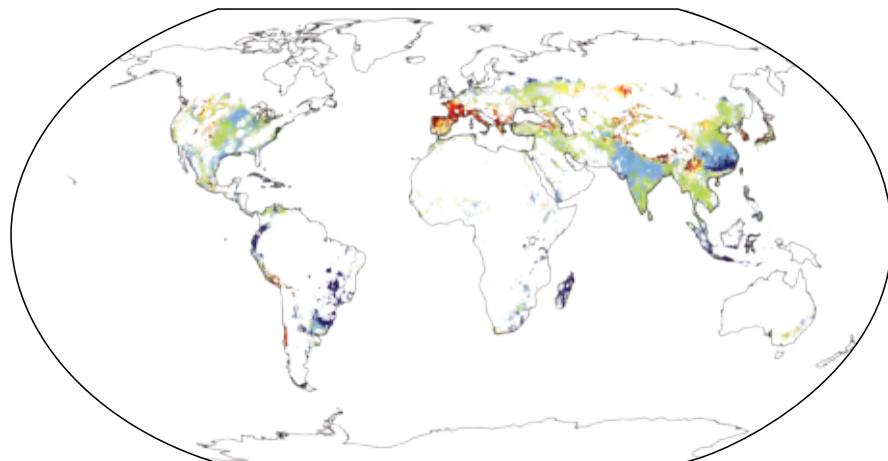
No queda claro el modo en que las respuestas de la vegetación a futuros aumentos del CO<sub>2</sub> y al cambio climático modularán los impactos del cambio climático en los flujos de aguas dulces. En algunos modelos está previsto que en el siglo XXI la escorrentía de ámbito continental o en las cuencas aumente más o disminuya menos si se tiene en cuenta el efecto fisiológico del CO<sub>2</sub>, además de los efectos del cambio climático (Betts y otros, 2007; Murray y otros, 2012). Con ello podría aliviarse en cierto grado la mayor escasez de agua prevista para el futuro en la respuesta al cambio climático y el crecimiento demográfico (Gerten y otros., 2011; Wiltshire y otros, 2013). En cifras absolutas, en los modelos se ha previsto que el efecto aislado del CO<sub>2</sub> incremente la futura escorrentía global de un 4% o 5% (Gerten y otros, 2008) a un 13% (Nugent y Matthews, 2012) en comparación con el nivel actual, en función de la trayectoria del CO<sub>2</sub> de la que se parte y de si se tienen en cuenta las observaciones relativas a los cambios en la estructura de la vegetación y su distribución en la atmósfera (se tuvieron en cuenta en Nugent y Matthews, 2012). En un estudio comparado de modelos globales (Davie y otros, 2013) dos de cuatro modelos proyectaron mayores incrementos y menores descensos en la escorrentía, respectivamente, cuando se estudiaban los efectos del CO<sub>2</sub> frente a simulaciones con una concentración constante del CO<sub>2</sub> (de conformidad con las constataciones expuestas, aunque las magnitudes variaban de un modelo a otro), pero otros dos modelos apuntaban a lo contrario. A ese respecto, la selección de modelos y el modo en que representan la combinación entre el CO<sub>2</sub>, el cierre de los estomas y el crecimiento de las plantas son fuente de incertidumbre, como también dan a entender Cao y otros (2009). La menor transpiración debida al aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> puede afectar también al futuro cambio climático regional en sí (Boucher y otros, 2009) y acentuar el contraste entre el calentamiento terrestre y el de la superficie oceánica (Joshi y otros, 2008). En general, aunque los efectos fisiológicos y estructurales afectarán a los flujos de agua en muchas regiones, es *probable* que los efectos de las precipitaciones y la temperatura sigan siendo la influencia principal en la escorrentía global (Alkama y otros, 2010).

Aplicando un modelo de transferencia de suelo, vegetación y atmósfera se observan respuestas complejas de la recarga de agua subterránea a los cambios en el clima mediados por la vegetación; la recarga de agua subterránea calculada está siempre por encima de lo que cabría prever si solo se tienen en cuenta los cambios en la pluviosidad (McCallum y otros, 2010). En otro estudio se constató que, aunque la precipitación disminuyera levemente, la recarga de agua subterránea podría aumentar como efecto neto de las respuestas de la vegetación al cambio climático y el incremento del CO<sub>2</sub>, es decir, aumentando la eficiencia en el uso de agua y aumentando o disminuyendo la superficie foliar (Crosbie y otros, 2010). Se ha postulado que en Australia, dependiendo del tipo de hierba, la misma variación del clima provoca incrementos o disminuciones de la recarga de agua subterránea en ese lugar (Green y otros, 2007). En un sitio de los Países Bajos se computó un descenso de la biomasa para cada uno de los ocho escenarios que preveían veranos más secos e inviernos más húmedos (escenario de emisiones A2) empleando un modelo de vegetación plenamente acoplado con un modelo hidrológico saturado variablemente. Se simuló el aumento resultante de la recarga de agua subterránea ladera arriba, vinculado con una mayor altura de la capa freática y una ampliación del hábitat de la vegetación adaptada a la humedad ladera abajo (Brolsma y otros, 2010).

Empleando un amplio conjunto de proyecciones del cambio climático, Konzmann y otros (2013) examinaron los cambios hidrológicos desde la óptica agrícola y sugirieron que el resultado neto de los efectos fisiológicos y estructurales del CO<sub>2</sub> en las necesidades de riego de los cultivos sería una reducción global (figura VA-1). De ese modo, los impactos adversos del cambio climático en las necesidades de riego y el rendimiento agrícola podrían amortiguarse en parte a medida que mejoraran la eficiencia en el uso de agua y la producción agrícola (Fader y otros, 2010). Sin embargo, solo se obtendrán mejoras considerables impulsadas por el CO<sub>2</sub> si, mediante una gestión adecuada, se mitigan las limitaciones del crecimiento vegetal en virtud de la disponibilidad de nutrientes u otros factores.

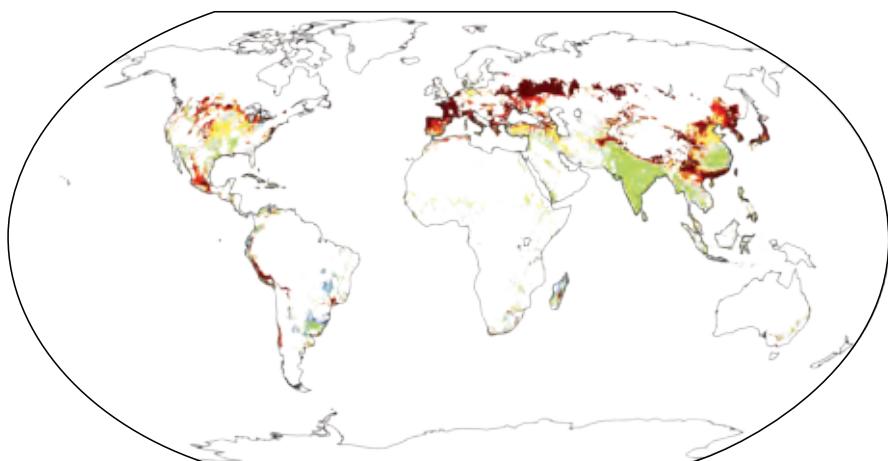
Los cambios en la cubierta vegetal y la estructura de la vegetación debidos al cambio climático a largo plazo o a episodios extremos a más corto plazo, como sequías (Anderegg y otros, 2013) también afectan a la división de la precipitación en evapotranspiración y escorrentía, que a veces establecen complejas interrelaciones con la atmósfera, como en la región amazónica (Port y otros, 2012; Saatchi y otros, 2013). En un modelo del estudio de Davie y otros (2013) se observaron efectos del cambio climático regionalmente diversos en la distribución y la estructura de la vegetación, siendo el efecto en la escorrentía global muy inferior a los efectos estructurales y fisiológicos del CO<sub>2</sub>. A medida que las dinámicas del agua, el carbono y la vegetación evolucionan de forma sincrónica e interactiva en condiciones de cambio climático (Heyder y otros, 2011; Gerten y otros, 2013), sigue resultando complejo distinguir los distintos efectos en el ciclo del agua de las variaciones del clima, el CO<sub>2</sub> y la cubierta terrestre.

**a) Impacto del cambio climático, incluidas las respuestas fisiológicas y estructurales de los cultivos a incrementos de CO<sub>2</sub> en la atmósfera**



VA

**b) Impacto del cambio climático (exclusivamente)**



Cambio porcentual en las necesidades de riego netas	<-40	-20 a -40	-5 a 20	-5 a 5	5 a 20	20 a 40	>40	Sin riego
---	------	-----------	---------	--------	--------	---------	-----	-----------

**Figura VA-1 |** Cambio porcentual de las necesidades de riego netas en 11 cultivos principales, de 1971-2000 a 2070-2099, en zonas actualmente equipadas para el riego, partiendo de las prácticas de gestión actuales. a) Impacto del cambio climático, incluidas las respuestas fisiológicas y estructurales de los cultivos a incrementos de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (no se tiene en cuenta la colimitación ejercida por nutrientes). b) Impacto del cambio climático (exclusivamente). Se muestra el cambio medio derivado de proyecciones del cambio climático a partir de 19 modelos de circulación general (basados en el escenario de emisiones A2 del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE)) utilizados para forzar un modelo de la vegetación y la hidrología (modificación siguiendo a Konzmann y otros, 2013).

## Bibliografía

- Alkama, R., M. Kageyama y G. Ramstein, 2010: Relative contributions of climate change, stomatal closure, and leaf area index changes to 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> century runoff change: a modelling approach using the Organizing Carbon and Hydrology in Dynamic Ecosystems (ORCHIDEE) land surface model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **115**(D17), D17112, doi:10.1029/2009JD013408.
- Alkama, R., B. Decharme, H. Douville y A. Ribes, 2011: Trends in global and basin-scale runoff over the late twentieth century: methodological issues and sources of uncertainty. *Journal of Climate*, **24**(12), 3000-3014.
- Anderegg, W.R.L., J.M. Kane y L.D.L. Anderegg, 2013: Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nature Climate Change*, **3**, 30-36.
- Andreu-Hayles, L., O. Planells, E. Gutierrez, E. Muntan, G. Helle, K.J. Anchukaitis y G.H. Schleser, 2011: Long tree-ring chronologies reveal 20th century increases in water-use efficiency but no enhancement of tree growth at five Iberian pine forests. *Global Change Biology*, **17**(6), 2095-2112.
- Betts, R.A., O. Boucher, M. Collins, P.M. Cox, P.D. Falloon, N. Gedney, D.L. Hemming, C. Huntingford, C.D. Jones, D.M.H. Sexton y M.J. Webb, 2007: Projected increase in continental runoff due to plant responses to increasing carbon dioxide. *Nature*, **448**(7157), 1037-1041.
- Boucher, O., A. Jones y R.A. Betts, 2009: Climate response to the physiological impact of carbon dioxide on plants in the Met Office Unified Model HadCM3. *Climate Dynamics*, **32**(2-3), 237-249.
- Brolsma, R.J., M.T.H. van Vliet y M.F.P. Bierkens, 2010: Climate change impact on a groundwater-influenced hillslope ecosystem. *Water Resources Research*, **46**(11), W11503, doi:10.1029/2009WR008782.
- Cao, L., G. Bala, K. Caldeira, R. Nemani y G. Ban-Weiss, 2009: Climate response to physiological forcing of carbon dioxide simulated by the coupled Community Atmosphere Model (CAM3.1) and Community Land Model (CLM3.0). *Geophysical Research Letters*, **36**(10), L10402, doi: 10.1029/2009GL037724.
- Crosbie, R.S., J.L. McCallum, G.R. Walker y F.H.S. Chiew, 2010: Modelling climate-change impacts on groundwater recharge in the Murray-Darling Basin, Australia. *Hydrogeology Journal*, **18**(7), 1639-1656.
- 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.
- Davie, J.C.S., P.D. Falloon, R. Kahana, R. Dankers, R. Betts, F.T. Portmann, D.B. Clark, A. Itoh, Y. Masaki, K. Nishina, B. Fekete, Z. Tessler, X. Liu, Q. Tang, S. Hagemann, T. Stacke, R. Pavlick, S. Schaphoff, S.N. Gosling, W. Franssen y N. Arnell, 2013: Comparing projections of future changes in runoff and water resources from hydrological and ecosystem models in ISI-MIP. *Earth System Dynamics*, **4**, 359-374.
- de Boer, H.J., E.I. Lamertsma, F. Wagner-Cremer, D.L. Dilcher, M.J. Wassen y S.C. Dekker, 2011: Climate forcing due to optimization of maximal leaf conductance in subtropical vegetation under rising CO<sub>2</sub>. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **108**(10), 4041-4046.
- Donohue, R.J., M.L. Roderick, T.R. McVicar y G.D. Farquhar, 2013: Impact of CO<sub>2</sub> fertilization on maximum foliage cover across the globe's warm, arid environments. *Geophysical Research Letters*, **40**(12), 3031-3035.
- Fader, M., S. Rost, C. Müller, A. Bondeau y D. Gerten, 2010: Virtual water content of temperate cereals and maize: present and potential future patterns. *Journal of Hydrology*, **384**(3-4), 218-231.
- Gagen, M., W. Finsinger, F. Wagner-Cremer, D. McCarroll, N.J. Loader, I. Robertson, R. Jalkanen, G. Young y A. Kirchhefer, 2011: Evidence of changing intrinsic water-use efficiency under rising atmospheric CO concentrations in Boreal Fennoscandia from subfossil leaves and tree ring δ13C ratios. *Global Change Biology*, **17**(2), 1064- 1072.
- Gedney, N., P.M. Cox, R.A. Betts, O. Boucher, C. Huntingford y P.A. Stott, 2006: Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature*, **439**(7078), 835-838.
- Gerten, D., S. Rost, W. von Bloh y W. Lucht, 2008: Causes of change in 20th century global river discharge. *Geophysical Research Letters*, **35**(20), L20405, doi:10.1029/2008GL035258.
- Gerten, D., J. Heinke, H. Hoff, H. Biemans, M. Fader y K. Waha, 2011: Global water availability and requirements for future food production. *Journal of Hydrometeorology*, **12**(5), 885-899.
- Gerten, D., W. Lucht, S. Ostberg, J. Heinke, M. Kowarsch, H. Kreft, Z.W. Kundzewicz, J. Rastgooy, R. Warren y H.J. Schellnhuber, 2013: Asynchronous exposure to global warming: freshwater resources and terrestrial ecosystems. *Environmental Research Letters*, **8**, 034032, doi:10.1088/1748-9326/8/3/034032.
- Green, T.R., B.C. Bates, S.P. Charles y P.M. Fleming, 2007: Physically based simulation of potential effects of carbon dioxide-altered climates on groundwater recharge. *Vadose Zone Journal*, **6**(3), 597-609.
- Haddeland, I., D.B. Clark, W. Franssen, F. Ludwig, F. Voss, N.W. Arnell, N. Bertrand, M. Best, S. Folwell, D. Gerten, S. Gomes, S.N. Gosling, S. Hagemann, N. Hanasaki, R. Harding, J. Heinke, P. Kabat, S. Koitala, T. Oki, J. Polcher, T. Stacke, P. Viterbo, G.P. Weedon y P. Yeh, 2011: Multimodel estimate of the global terrestrial water balance: setup and first results. *Journal of Hydrometeorology*, **12**(5), 869-884.
- Heyder, U., S. Schaphoff, D. Gerten y W. Lucht, 2011: Risk of severe climate change impact on the terrestrial biosphere. *Environmental Research Letters*, **6**(3), 034036, doi:10.1088/1748-9326/6/3/034036.
- Ito, A. y M. Inatomi, 2012: Water-use efficiency of the terrestrial biosphere: a model analysis focusing on interactions between the global carbon and water cycles. *Journal of Hydrometeorology*, **13**(2), 681-694.
- Joshi, M.M., J.M. Gregory, M.J. Webb, D.M.H. Sexton y T.C. Johns, 2008: Mechanisms for the land/sea warming contrast exhibited by simulations of climate change. *Climate Dynamics*, **30**(5), 455-465.
- Keenan, T.F., D.Y. Hollinger, G. Bohrer, D. Dragoni, J.W. Munger, H.P. Schmid y A.D. Richardson, 2013: Increase in forest water-use efficiency as atmospheric carbon dioxide concentrations rise. *Nature*, **499**(7458), 324-327.
- Koehler, I.H., P.R. Poulton, K. Auerswald y H. Schnyder, 2010: Intrinsic water-use efficiency of temperate seminatural grassland has increased since 1857: an analysis of carbon isotope discrimination of herbage from the Park Grass Experiment. *Global Change Biology*, **16**(5), 1531-1541.
- Konzmann, M., D. Gerten y J. Heinke, 2013: Climate impacts on global irrigation requirements under 19 GCMs, simulated with a vegetation and hydrology model. *Hydrological Sciences Journal*, **58**(1), 88-105.
- Labat, D., Y. Godderis, J. Probst y J. Guyot, 2004: Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources*, **27**(6), 631-642.
- Leakey, A.D.B., E.A. Ainsworth, C.J. Bernacchi, A. Rogers, S.P. Long y D.R. Ort, 2009: Elevated CO<sub>2</sub> effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *Journal of Experimental Botany*, **60**(10), 2859-2876.
- Lewis, S.L., J. Lloyd, S. Sitch, E.T.A. Mitchard y W.F. Laurance, 2009: Changing ecology of tropical forests: evidence and drivers. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, **40**, 529-549.
- Loader, N.J., R.P.D. Walsh, I. Robertson, K. Bidin, R.C. Ong, G. Reynolds, D. McCarroll, M. Gagen y G.H.F. Young, 2011: Recent trends in the intrinsic water-use efficiency of ringless rainforest trees in Borneo. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **366**(1582), 3330-3339.
- Lorenz, C. y H. Kunstmann, 2012: The hydrological cycle in three state-of-the-art reanalyses: intercomparison and performance analysis. *Journal of Hydrometeorology*, **13**(5), 1397-1420.

- McCallum, J.L., R.S. Crosbie, G.R. Walker y W.R. Dawes, 2010: Impacts of climate change on groundwater in Australia: a sensitivity analysis of recharge. *Hydrogeology Journal*, **18**(7), 1625-1638.
- McMahon, S.M., G.G. Parker y D.R. Miller, 2010: Evidence for a recent increase in forest growth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107**(8), 3611-3615.
- Murray, S.J., P.N. Foster e I.C. Prentice, 2012: Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model. *Journal of Hydrology*, **448-449**, 14-29.
- Nock, C.A., P.J. Baker, W. Wanek, A. Leis, M. Grabner, S. Bunyavejchewin y P. Hietz, 2011: Long-term increases in intrinsic water-use efficiency do not lead to increased stem growth in a tropical monsoon forest in western Thailand. *Global Change Biology*, **17**(2), 1049-1063.
- Nugent, K.A. y H.D. Matthews, 2012: Drivers of future northern latitude runoff change. *Atmosphere-Ocean*, **50**(2), 197-206.
- Oliveira, P.J.C., E.L. Davin, S. Levis y S.I. Seneviratne, 2011: Vegetation-mediated impacts of trends in global radiation on land hydrology: a global sensitivity study. *Global Change Biology*, **17**(11), 3453-3467.
- Peñuelas, J., J.G. Canadell y R. Ogaya, 2011: Increased water-use efficiency during the 20<sup>th</sup> century did not translate into enhanced tree growth. *Global Ecology and Biogeography*, **20**(4), 597-608.
- Piao, S., P. Friedlingstein, P. Ciais, N. de Noblet-Ducoudre, D. Labat y S. Zaehle, 2007: Changes in climate and land use have a larger direct impact than rising CO<sub>2</sub> on global river runoff trends. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **104**(39), 15242-15247.
- Port, U., V. Brovkin y M. Claussen, 2012: The influence of vegetation dynamics on anthropogenic climate change. *Earth System Dynamics*, **3**, 233-243.
- Reddy, A.R., G.K. Rasineni y A.S. Raghavendra, 2010: The impact of global elevated CO<sub>2</sub> concentration on photosynthesis and plant productivity. *Current Science*, **99**(1), 46-57.
- Rosenthal, D.M. y N.J. Tomeo, 2013: Climate, crops and lacking data underlie regional disparities in the CO<sub>2</sub> fertilization effect. *Environmental Research Letters*, **8**(3), 031001, doi: 10.1088/1748-9326/8/3/031001.
- Saatchi, S., S. Asefi-Najafabady, Y. Malhi, L.E.O.C. Aragão, L.O. Anderson, R.B. Myneni y R. Nemani, 2013: Persistent effects of a severe drought on Amazonian forest canopy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **110**(2), 565-570.
- Sterling, S.M., A. Ducharme y J. Polcher, 2013: The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle. *Nature Climate Change*, **3**, 385-390.
- Wiltshire, A., J. Gornall, B. Booth, E. Dennis, P. Falloon, G. Kay, D. McNeall, C. McSweeney y R. Betts, 2013: The importance of population, climate change and CO<sub>2</sub> plant physiological forcing in determining future global water stress. *Global Environmental Change*, **23**(5), 1083-1097.

**El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:**

Gerten, D., R. Betts y P. Döll, 2014: Recuadro multicapítulos sobre contribución directa de la vegetación a la alteración de los flujos de agua en condiciones de cambio climático. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.167-171 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

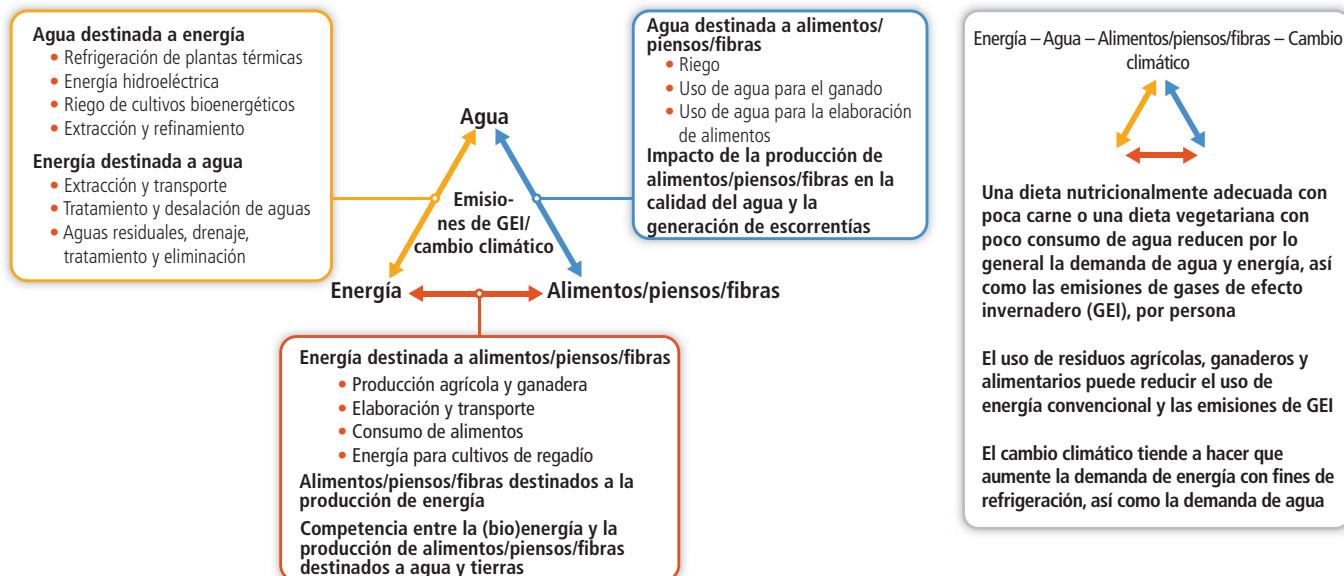


# El nexo agua-energía-alimentos/piensos/fibras en su relación con el cambio climático

Douglas J. Arent (Estados Unidos de América), Petra Döll (Alemania), Kenneth M. Strzepek (Estados Unidos de América), Blanca Elena Jiménez Cisneros (México), Andy Reisinger (Nueva Zelanda), Ferenc Toth (Hungria), Taikan Oki (Japón)

El agua, la energía y los alimentos/piensos/fibras están vinculados entre sí por numerosas trayectorias interactivas sujetas a un clima cambiante, como se representa en la figura AE-1. El calado y la intensidad de esos vínculos varían enormemente en función del país, la región y el sistema de producción. Las tecnologías energéticas (p. ej., los biocombustibles, la energía hidroeléctrica, las centrales térmicas), los combustibles y modos de transporte y los productos alimenticios (de cultivos de regadío, en particular la proteína para animales producida mediante estos cultivos y forrajes) pueden necesitar un gran volumen de agua (secciones 3.7.2, 7.3.2, 10.2, 10.3.4, 22.3.3, 25.7.2; Allan, 2003; King y Weber, 2008; McMahon y Price, 2011; Macknick y otros, 2012a). En la agricultura de regadío, el clima, el procedimiento de riego, la elección del cultivo y el rendimiento determinan las necesidades de agua por unidad de cultivo producido. En las zonas donde el agua debe bombearse o tratarse (incluidas aguas residuales) es preciso aportar energía (Metcalf & Eddy, Inc. y otros, 2007; Khan y Hanjra, 2009; Organismo de Protección del Medio Ambiente, 2010; Gerten y otros, 2011). Mientras que la producción, la refrigeración, el transporte y la elaboración de alimentos exigen un gran volumen de energía (Pelletier y otros, 2011), un vínculo destacado entre los alimentos y la energía en su relación con el cambio climático es la competencia por las tierras y las aguas entre la bioenergía y la producción alimentaria (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*; sección 7.3.2, recuadro 25-10; Diffenbaugh y otros, 2012; Skaggs y otros, 2012). Los residuos de los alimentos y cultivos y las aguas residuales pueden emplearse como fuentes de energía, con lo cual se ahorra no solo el consumo de combustibles no renovables convencionales utilizados en sus procesos tradicionales, sino también el consumo del agua y la energía empleados para la elaboración o el tratamiento y eliminación (Schievano y otros, 2009; Oh y otros, 2010; Olson, 2012). Pueden encontrarse ejemplos de ello en varios países de todas las categorías de ingresos. Por ejemplo, cada vez se usan más subproductos de la caña de azúcar para producir electricidad o con fines de cogeneración (McKendry, 2002; Kim y Dale, 2004) para la obtención de beneficios económicos y como opción de mitigación de los gases de efecto invernadero.

La mayoría de los métodos de producción de energía necesitan un volumen considerable de agua, de forma directa (p. ej., fuentes de energía basada en cultivos y energía hidroeléctrica) o indirecta (p. ej., para la refrigeración en el caso de las fuentes de energía térmica u otras operaciones) (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*, secciones 10.2.2, 10.3.4, 25.7.4; y van Vliet y otros, 2012; Davies y otros, 2013). Gerbens-Leenes (2012) y otros han determinado que el agua destinada a biocombustible, por ejemplo en el marco de la hipótesis de política alternativa de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), según la cual la producción de biocombustibles aumentará a 71 EJ en 2030, elevará el uso mundial de agua de riego con fines de consumo de un 0,5% de los recursos hídricos renovables mundiales en 2005 a un 5,5% en 2030, a raíz de lo cual sufrirán



**Figura AE-1 |** El nexo agua-energía-alimentos en su relación con el cambio climático. Las interrelaciones entre la oferta y la demanda, la calidad y la cantidad del agua y la energía y los alimentos/piensos/fibras con las condiciones climáticas cambiantes tienen consecuencias para las estrategias de adaptación y mitigación.

AE

más presión los recursos de agua dulce, mientras que los ecosistemas de agua dulce podrán verse afectados por impactos negativos. También hace falta agua para la minería (sección 25.7.3), el procesamiento y la eliminación de los residuos de los combustibles fósiles y nucleares o sus subproductos. El agua destinada a energía oscila actualmente entre un porcentaje mínimo en la mayoría de los países en desarrollo a más del 50% de la extracción de agua dulce en algunos países desarrollados, dependiendo del país (Kenny y otros, 2009; Consejo Mundial de la Energía, 2010). Las futuras necesidades de agua dependerán del aumento de la demanda de electricidad, la cartera de tecnologías de generación y las opciones de gestión del agua empleadas (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*; Consejo Mundial de la Energía, 2010; Sattler y otros, 2012). La futura disponibilidad de agua con fines de producción de energía cambiará como consecuencia del cambio climático (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*; secciones 3.4, 3.5.1, 3.5.2.2).

Puede que sea necesaria una cantidad apreciable de energía para elevar, transportar y distribuir el agua y para tratarla con fines de uso o descontaminación. Las aguas residuales e incluso el exceso de agua de lluvia en las ciudades necesitan energía para su tratamiento o eliminación. Algunas fuentes de agua no convencionales, como las aguas residuales o el agua del mar, exigen con frecuencia un alto consumo de energía. La intensidad de energía necesaria por m<sup>3</sup> de agua varía de una fuente a otra a razón de un factor aproximado de 10, por ejemplo si se compara el agua potable de producción local procedente de fuentes subterráneas o de superficie con el agua de mar desalinizada (recuadro 25-2, cuadros 25-6, 25-7; Macknick y otros, 2012b; Plappally y Lienhard, 2012). El agua subterránea (un 35% del total mundial de extracciones de agua, principalmente con destino a la producción de alimentos de regadío; Döll y otros, 2012) exige por lo general más energía que la de superficie. En India, por ejemplo, el 19% del total de la electricidad usada en 2012 se destinó a fines agrícolas (Oficina Central de Estadística, 2013); gran parte correspondió a agua subterránea bombeada. El bombeo a mayores profundidades aumenta apreciablemente la demanda de energía; el uso de electricidad (kWh m<sup>-3</sup> de agua) se multiplica por 3 al pasar de los 35 a los 120 m de profundidad (Plappally y Lienhard, 2012). La reutilización de aguas residuales apropiadas con fines de riego (para recuperar nutrientes que necesitan una gran cantidad de agua y de energía) puede elevar el rendimiento agrícola, ahorrar energía e impedir la erosión de los suelos (*nivel de confianza medio*; Smit y Nasr, 1992; Jiménez-Cisneros, 1996; Qadir y otros, 2007; Raschid-Sally y Jayakody, 2008). Ciertos métodos de tratamiento energéticamente más eficaces permiten tratar las aguas residuales de mala calidad (“negras”) hasta dotarlas de un nivel de calidad adecuado para verterlas en cursos de agua, con lo cual se evita la demanda de un mayor volumen de agua dulce y la energía conexa (Keraita y otros, 2008). Si se tratan debidamente para que conserven los nutrientes, esas aguas pueden elevar la productividad de los suelos, con lo cual contribuyen a un mayor grado de rendimiento agrícola y seguridad alimentaria en regiones que no se pueden permitir facturas de la electricidad altas o fertilizantes caros (*nivel de confianza alto*; Oron, 1996; Lazarova y Bahri, 2005; Redwood y Huibers, 2008; Jiménez-Cisneros, 2009).

Los vínculos entre el agua, la energía, los alimentos/piensos/fibras y el clima también están muy relacionados con el uso y la ordenación de las tierras (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*, sección 4.4.4, recuadro 25-10). La degradación de las tierras a menudo reduce la eficiencia en el uso del agua y la energía, a raíz de lo cual aumentan, por ejemplo, la demanda de fertilizantes y la escorrentía superficial, y pone en peligro la seguridad alimentaria (secciones 3.7.2, 4.4.4). Por otro lado, las actividades de forestación orientadas a secuestrar carbono reportan importantes cobeneficios consistentes en reducir la erosión del suelo y ofrecer un hábitat más amplio, aunque sea con carácter temporal

(véase el recuadro 25-10), pero pueden reducir los recursos hídricos renovables. La captación de agua con fines energéticos, alimentarios, de producción de biocombustible o de secuestro de carbono también puede entrar en competencia con los flujos ambientales mínimos necesarios para mantener los hábitats y humedales fluviales, lo que podría plantear conflictos entre las valoraciones y los usos del agua de orden económico y de otro orden (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*; secciones 25.4.3, 25.6.2, recuadro 25-10). En muy pocos informes se han empezado a evaluar las múltiples relaciones entre la energía, los alimentos, las tierras y el agua y el clima (McCormick y otros, 2008; Bazilian y otros, 2011; Bierbaum y Matson, 2013) abordando las cuestiones desde la óptica de la seguridad y describiendo enfoques de modelización integrada temprana. La interacción entre cada uno de estos factores se ve influida por el clima en evolución, que a su vez repercute en la demanda de energía y agua, la bioproductividad y otros factores (véanse la figura AE-1 y Wise y otros, 2009) y tiene consecuencias para la seguridad en el suministro de energía, alimentos y agua; las trayectorias de adaptación y mitigación; y la disminución de la contaminación atmosférica, aparte de los impactos de orden sanitario y económico descritos en el curso del presente informe de evaluación.

La interconexión de los alimentos/fibras, el agua, el uso del suelo, la energía y el cambio climático, incluidos los impactos intersectoriales, que tal vez no se entiendan bien todavía, cada vez cobran más importancia al evaluar las consecuencias para las decisiones sobre la política de adaptación y mitigación. De la interacción entre el combustible, los alimentos, el uso del suelo, el agua y las estrategias de mitigación de los gases de efecto invernadero, en particular por lo que se refiere a los recursos biológicos destinados a alimentos/piensos, energía o combustible, cabe inferir que una evaluación combinada del agua, el tipo de suelo, los requisitos de uso y energía, los posibles usos y los impactos de los gases de efecto invernadero abarca a menudo todas estas interconexiones. Por ejemplo, los escenarios de mitigación descritos en el Informe especial sobre fuentes de energía renovable y mitigación del cambio climático (IPCC, 2011) se prevé para 2050 hasta 300 EJ de energía primaria producida a partir de biomasa bajo escenarios de mitigación cada vez más exigentes. Estos niveles altos de producción de biomasa, si no se registran cambios en la tecnología y los procesos, la gestión y las operaciones, tendrían consecuencias notables para el uso del suelo, el agua y la energía, así como para la producción y el precio de los alimentos. Cada vez es más corriente pensar que las interrelaciones entre la energía, los alimentos/piensos/fibras, el agua, el uso del suelo y el cambio climático son decisivas para la adopción de decisiones sobre trayectorias resilientes al clima eficaces (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*), aunque siguen siendo muy limitados los instrumentos de apoyo a las evaluaciones y apoyo a la toma de decisiones a escala local y regional.

## Bibliografía

- Allan**, T., 2003: Virtual water – the water, food, and trade nexus: useful concept or misleading metaphor? *Water International*, **28(1)**, 4-10.
- Bazilian**, M., H. Rogner, M. Howells, S. Hermann, D. Arent, D. Gielen, P. Steduto, A. Mueller, P. Komor, R.S.J. Tol y K. Yumkella, 2011: Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, **39(12)**, 7896-7906.
- Bierbaum**, R. y P. Matson, 2013: Energy in the context of sustainability. *Daedalus*, **142(1)**, 146-161.
- Consejo Mundial de la Energía**, 2010: *Water for Energy*. Consejo Mundial de la Energía, Londres (Reino Unido), 51 págs.
- Davies**, E., K. Page y J.A. Edmonds, 2013: An integrated assessment of global and regional water demands for electricity generation to 2095. *Advances in Water Resources*, **52**, 296-313, doi:10.1016/j.advwatres.2012.11.020.
- Diffenbaugh**, N., T. Hertel, M. Scherer y M. Verma, 2012: Response of corn markets to climate volatility under alternative energy futures. *Nature Climate Change*, **2**, 514-518.
- Döll**, P., H. Hoffmann-Dobrev, F.T. Portmann, S. Siebert, A. Eicker, M. Rodell, G. Strassberg y B. Scanlon, 2012: Impact of water withdrawals from groundwater and surface water on continental water storage variations. *Journal of Geodynamics*, **59-60**, 143-156, doi:10.1016/j.jog.2011.05.001.
- Gerbens-Leenes**, P.W., A.R. van Lienden, A.Y. Hoekstra y Th.H. van der Meer, 2012: Biofuel scenarios in a water perspective: the global blue and green water footprint of road transport in 2030. *Global Environmental Change*, **22(3)**, 764-775.
- Gerber**, N., M. van Eckert y T. Breuer, 2008: *The Impacts of Biofuel Production on Food Prices: A Review*. ZEF – Discussion Papers on Development Policy, Nº 127, Centro de Investigaciones para el Desarrollo [Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF)], Bonn (Alemania), 19 págs.
- Gerten**, D., H. Heinke, H. Hoff, H. Biemans, M. Fader y K. Waha, 2011: Global water availability and requirements for future food production. *Journal of Hydrometeorology*, **12**, 885-899.
- IPCC**, 2011: Resumen para responsables de políticas. En: *Informe especial del IPCC sobre fuentes de energía renovable y atenuación del cambio climático. Informe especial del Grupo de Trabajo III del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlmer y C. von Stechow (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido), y Nueva York, NY (Estados Unidos de América), págs. 3-26.
- Jiménez-Cisneros**, B., 1996: Wastewater reuse to increase soil productivity. *Water Science and Technology*, **32(12)**, 173-180.
- , 2009: 4.06 – Safe sanitation in low economic development areas. En: *Treatise on Water Science, Volume 4: Water-Quality Engineering* [Wilderer, P.A. (ed.)]. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Academic Press, Oxford (Reino Unido), págs. 147-200.
- Kenny**, J.F., N.L. Barber, S.S. Hutson, K.S. Linsey, J.K. Lovelace y M.A. Maupin, 2009: *Estimated Use of Water in the United States in 2005*. Departamento de Interior de los Estados Unidos, Circular del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) 1344, USGS, Reston, VA (Estados Unidos de América) 53 págs.
- Keraita**, B., B. Jiménez y P. Drechsel, 2008: Extent and implications of agricultural reuse of untreated, partly treated and diluted wastewater in developing countries. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, **3(58)**, 15-27.
- Khan**, S. y M.A. Hanjra, 2009: Footprints of water and energy inputs in food production – global perspectives. *Food Policy*, **34**, 130-140.
- Kim**, S. y B. Dale, 2004: Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. *Biomass and Bioenergy*, **26(4)**, 361-375.
- King**, C. y M.E. Webber, 2008: Water intensity of transportation. *Environmental Science and Technology*, **42(21)**, 7866-7872.
- Lazarova**, V. y A. Bahri, 2005: *Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass*. CRC Press, Boca Raton, FL (Estados Unidos de América), 408 págs.
- McKendry**, P., 2002: Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, **83(1)**, 37-46.
- Macknick**, J., R. Newmark, G. Heath, K.C. Hallett, J. Meldrum, and S. Nettles-Anderson, 2012a: Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature. *Environmental Research Letters*, **7(4)**, 045802, doi:10.1088/1748-9326/7/4/045802.

- Macknick, J.**, S. Sattler, K. Averyt, S. Clemmer, y J. Rogers, 2012b: Water implications of generating electricity: water use across the United States based on different electricity pathways through 2050. *Environmental Research Letters*, **7(4)**, 045803, doi:10.1088/1748-9326/7/4/045803.
- McCormick, P.G.**, S.B. Awulachew y M. Abebe, 2008: Water-food-energy-environment synergies and tradeoffs: major issues and case studies. *Water Policy*, **10**, 23-36.
- McMahon, J.E.** y S.K. Price, 2011: Water and energy interactions. *Annual Review of Environment and Resources*, **36**, 163-191.
- Metcalf & Eddy, Inc.** an AECOM Company, T. Asano, F. Burton, H. Leverenz, R. Tsuchihashi y G. Tchobanoglous, 2007: *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. McGraw-Hill Professional, Nueva York, NY (Estados Unidos de América), 1570 págs.
- Oh, S.T.**, J.R. Kim, G.C. Premier, T.H. Lee, C. Kim y W.T. Sloan, 2010: Sustainable wastewater treatment: how might microbial fuel cells contribute. *Biotechnology Advances*, **28(6)**, 871-881.
- Olson, G.**, 2012: *Water and Energy Nexus: Threats and Opportunities*. IWA Publishing, Londres (Reino Unido), 294 págs.
- Organismo de Protección del Medio Ambiente**, 2010: *Evaluation of Energy Conservation Measures for Wastewater Treatment Facilities*. EPA 832-R-10-005, Organismo de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), Oficina de Gestión de las Aguas Residuales, Washington, DC, Estados Unidos, 222 págs., water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/Evaluation-of-Energy-Conservation-Measures-for-Wastewater-Treatment-Facilities.pdf.
- Oron, G.**, 1996: Soil as a complementary treatment component for simultaneous wastewater disposal and reuse. *Water Science and Technology*, **34(11)**, 243-252.
- Pelletier, N.**, E. Audsley, S. Brodt, T. Garnett, P. Henriksson, A. Kendall, K.J. Kramer, D. Murphy, T. Nemeck y M. Troell, 2011: Energy intensity of agriculture and food systems. *Annual Review of Environment and Resources*, **36**, 223-246.
- Plappally, A.K.** y J.H. Lienhard V, 2012: Energy requirements for water production, treatment, end use, reclamation, and disposal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **16(7)**, 4818-4848.
- Qadir, M.**, D. Wichelns, L. Raschid-Sally, P. Singh Minhas, P. Drechsel, A. Bahri, P. McCormick, R. Abaidoo, F. Attia, S. El-Guindy, J.H.J. Ensink, B. Jiménez, J.W. Kijne, S. Koo- Oshima, J.D. Oster, L. Oyebande, J.A. Sagardoy y W. van der Hoek, 2007: Agricultural use of marginal-quality water – opportunities and challenges. En: *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture* [Molden, D. (ed.)]. Earthscan Publications, Ltd., Londres (Reino Unido), págs. 425-458.
- Raschid-Sally, L.** y P. Jayakody, 2008: *Drivers and Characteristics of Wastewater Agriculture in Developing Countries: Results from a Global Assessment*. IWMI Research Report 127, Instituto Internacional del Manejo del Agua, Colombo (Sri Lanka), 29 págs.
- Redwood, M.** y F. Huibers, 2008: Wastewater irrigation in urban agriculture. En: *Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs* [Jiménez, B. y T. Asano (ed.)]. IWA Publishing, Londres (Reino Unido), págs. 228-240.
- Sattler, S.**, J. Macknick, D. Yates, F. Flores-Lopez, A. Lopez y J. Rogers, 2012: Linking electricity and water models to assess electricity choices at water-relevant scales. *Environmental Research Letters*, **7(4)**, 045804, doi:10.1088/1748-9326/7/4/045804.
- Schievano A.**, G. D'Imporzano y F. Adani, 2009: Substituting energy crops with organic wastes and agro-industrial residues for biogas production. *Journal of Environmental Management*, **90(8)**, 2537-2541.
- Skaggs, R.**, K. Hibbard, P. Frumhoff, T. Lowry, R. Middleton, R. Pate, V. Tidwell, J. Arnold, K. Averyt, A. Janetos, C. Izaurrealde, J. Rice y S. Rose, 2012: *Climate and Energy- Water-Land System Interactions*. PNNL 21185, informe técnico al Departamento de Energía de los Estados Unidos en apoyo a la Evaluación Nacional de Clima, Laboratorio Nacional para el Noroeste del Pacífico (PNNL), Richland, WA (Estados Unidos de América), 152 págs.
- Smit, J.** y J. Nasr, 1992: Urban agriculture for sustainable cities: using wastes and idle land and water bodies as resources. *Environment and Urbanization*, **4(2)**, 141-152.
- van Vliet, M.T.H.**, J.R. Yearsley, F. Ludwig, S. Vögele, D.P. Lettenmaier y P. Kabat, 2012: Vulnerability of US and European electricity supply to climate change. *Nature Climate Change*, **2**, 676-681.
- Wise, M.**, K. Calvin, A. Thomson, L. Clarke, B. Bond-Lamberty, R. Sands, S.J. Smith, A. Janetos y J. Edmonds, 2009: Implications of limiting CO<sub>2</sub> concentrations for land use and energy. *Science*, **324**, 1183-1186.

**El presente recuadro multicapítulos debe ser citado del siguiente modo:**

Arent, D.J., P. Döll, K.M. Strzepek, B.E. Jiménez Cisneros, A. Reisinger, F.L. Tóth y T. Oki, 2014: Recuadro multicapítulos sobre el nexo agua-energía-alimentos/pienso/fibra en su relación con el cambio climático. En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. 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, págs.173-176 (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

# **Glosario**



# Glosario

## Copresidentes de la Junta Editorial

John Agard (Trinidad y Tabago), E. Lisa F. Schipper (Suecia)

## Junta Editorial

Joern Birkmann (Alemania), Maximiliano Campos (Costa Rica), Carolina Dubeux (Brasil), Yukihiro Nojiri (Japón), Lennart Olsson (Suecia), Balgis Osman-Elasha (Sudán), Mark Pelling (Reino Unido), Michael J. Prather (Estados Unidos de América), Marta G. Rivera-Ferre (España), Oliver C. Ruppel (Namibia), Asbury Sallenger (Estados Unidos de América), Kirk R. Smith (Estados Unidos de América), Asuncion L. St. Clair (Noruega)

## Facilitación de la Unidad de apoyo técnico

Katharine J. Mach (Estados Unidos de América), Michael D. Mastrandrea (Estados Unidos de América), T. Eren Bilir (Estados Unidos de América)

### Acceso a los alimentos (access to food)

Uno de los tres componentes que sustentan la seguridad alimentaria, siendo los otros dos la disponibilidad y la utilización. El acceso a los alimentos depende de: 1) la disponibilidad de alimentos (esto es, las personas disponen de ingresos u otros recursos para intercambiarlos por alimentos); 2) la asignación satisfactoria en el hogar o la sociedad; y 3) la preferencia (esto es, lo que las personas quieren comer, influida por las normas socioculturales). Véase también Seguridad alimentaria.

### Acidificación del océano (ocean acidification)

Disminución del pH del océano durante un período prolongado, normalmente decenios o períodos más largos, causado primordialmente por la incorporación de dióxido de carbono de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación del océano antropógena hace referencia a la proporción de la disminución del pH causada por la actividad humana (IPCC, 2011, pág. 37).

### Aclimatación (acclimatization)

Cambio en los rasgos funcionales o morfológicos que se produce una o varias veces (p. ej., 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 fenotípico que un individuo puede mostrar a través del proceso de aclimatación.

### Adaptabilidad (adaptability)

Véase Capacidad de adaptación.

### Adaptación<sup>1</sup> (adaptation)

Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar 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 progresiva** Acciones de adaptación con el objetivo central de mantener la esencia y la integridad de un sistema o proceso a una escala determinada.<sup>2</sup>

**Adaptación transformacional** Adaptación que cambia los atributos fundamentales de un sistema en respuesta al clima y a sus efectos.

Véanse también Adaptación autónoma, Adaptación evolutiva y Transformación.

### Adaptación autónoma (autonomous adaptation)

Adaptación en respuesta al clima experimentado y sus efectos, sin planificar explícitamente o centrarse conscientemente en afrontar el cambio climático. Se denomina también adaptación espontánea.

### Adaptación basada en el ecosistema (ecosystem-based adaptation)

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 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 (CDB, 2009).

### Adaptación comunitaria (community-based adaptation)

Adaptación local inducida por la comunidad. La adaptación comunitaria centra la atención en la potenciación de la autonomía y la promoción de la capacidad de adaptación de las comunidades. Es un enfoque que adopta el contexto, la cultura, el conocimiento, la capacidad de actuación y las preferencias de las comunidades como puntos fuertes.

### Adaptación evolutiva (evolutionary adaptation)

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 período de renovación generacional y el grado de cruzamiento (frente a la endogamia). Véase también Adaptación.

### Afrontamiento (coping)

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 mediano plazo.<sup>3</sup>

### Agricultura de subsistencia (subsistence agriculture)

Actividades agrícolas y conexas que forman conjuntamente una estrategia de subsistencia en la que la mayoría de los productos se consumen directamente, si bien algunos podrían venderse en el mercado. La agricultura de subsistencia puede ser una de las diversas actividades de subsistencia.

### Altura significativa de las olas (significant wave height)

Promedio de altura entre el punto de depresión y el punto de cresta del tercio más alto de las olas (de viento y de fondo) en un período dado.

### Angostamiento costero (coastal squeeze)

Estrechamiento de los ecosistemas y lugares estéticos y recreativos costeros (p. ej., playas, marismas, manglares, fangales y llanuras arenosas) contenidos entre la línea costera que retrocede tierra adentro (debido a la elevación del nivel del mar y la erosión) y la línea costera delimitada por lindes fijas naturales o artificiales, en particular por estructuras de protección (p. ej., malecones), que pueden hacer que desaparezcan esos ecosistemas o lugares estéticos y recreativos.

<sup>1</sup> Como reflejo del progreso en la ciencia, esta entrada del glosario difiere en alcance y enfoque de la entrada utilizada en el Cuarto Informe de Evaluación y otros informes del IPCC.

<sup>2</sup> Esta definición se basa en la definición utilizada en Park y otros (2012).

<sup>3</sup> Esta entrada del glosario se basa en la definición utilizada en la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres (UNISDR, 2009) y en el IPCC (2012a).

**Anomalía (anomaly)**

Desviación de una variable a partir de su valor promediado en un período de referencia.

**Antropógeno (anthropogenic)**

Resultante de la actividad de los seres humanos o producto de esta.

**Apoderamiento de tierras (land grabbing)**

Grandes adquisiciones de derechos sobre la tierra o el agua para la agricultura industrial, proyectos de mitigación o producción de biocombustibles que tienen consecuencias negativas sobre las comunidades locales y marginadas.

**Aptitud (darwiniana) (fitness (Darwinian))**

Capacidad relativa de un individuo o genotipo de sobrevivir y reproducirse; se cuantifica como la contribución promedio del genotipo al acervo genético de las siguientes generaciones. Durante la evolución, la selección natural favorece funciones que ofrecen una mayor aptitud de modo que tales funciones pasan a ser más comunes con el paso de las generaciones.

**Asentamiento informal (informal settlement)**

Asentamiento o zona residencial que al menos por algún criterio queda fuera del marco de las normas y reglamentaciones oficiales. La mayoría de los asentamientos informales poseen viviendas deficientes (con uso generalizado de materiales temporales) y se desarrollan sobre terrenos ocupados ilícitamente con altos niveles de sobre población. En la mayoría de estos asentamientos, son inadecuados o inexistentes el suministro de agua potable, el saneamiento, el alcantarillado, las carreteras asfaltadas y los servicios básicos. El término *barrio marginal* se utiliza generalmente para designar asentamientos informales, si bien induce a error puesto que muchos asentamientos informales se convierten en zonas residenciales de buena calidad, especialmente en los casos en que los gobiernos apoyan ese desarrollo.

**Atribución (attribution)**

Véase Detección y atribución.

**Base/refencia (baseline/reference)**

Estado respecto del cual se mide un cambio. Un período de referencia es el período relativo al cual se computan las anomalías. La concentración de referencia de los gases traza se mide en lugares que no estén influidos por emisiones antropogénicas locales.

**Beneficios accesorios (ancillary benefits)**

Véase Cobeneficios.

**Bien público (public good)**

Bien que es tanto no excluyente como no rival en el sentido de que las personas no pueden ser excluidas efectivamente de su uso, y el uso de este por una persona no reduce su disponibilidad por otros.

**Biocombustible (Biofuel)**

Combustible, generalmente líquido, producido a partir de materia orgánica o de aceites combustibles elaborados por plantas vivas o plantas que han estado vivas recientemente. Son ejemplos de biocombustibles

el alcohol (bioetanol), la lejía negra derivada del proceso de fabricación de papel o el aceite de soja.

El **biocombustible manufacturado de primera generación** se obtiene de cereales, semillas oleaginosas, grasas animales y aceites vegetales de desecho mediante tecnologías de conversión maduras

El **biocombustible de segunda generación** utiliza procesos de conversión bioquímica y termoquímica no tradicionales y materias primas derivadas fundamentalmente de las fracciones lignocelulosicas de, por ejemplo, residuos agrícolas y forestales, residuos sólidos urbanos, etc.

El **biocombustible de tercera generación** podrá obtenerse de materias primas como las algas y cultivos energéticos mediante procesos avanzados que todavía están en desarrollo.

Estos biocombustibles de segunda y tercera generación obtenidos mediante procesos nuevos también se denominan biocombustibles de nueva generación o avanzados, o biocombustibles obtenidos de tecnologías avanzadas.

**Biodiversidad (biodiversity)**

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.<sup>4</sup>

**Bioenergía (bioenergy)**

Energía derivada de cualquier forma de biomasa, por ejemplo organismos vivos recientes o sus subproductos metabólicos.

**Bioma (biome)**

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.

**Biomasa (biomass)**

Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados. El material vegetal muerto se puede incluir como biomasa muerta. Quema de biomasa es la quema de vegetación viva y muerta.

**Biosfera (biosphere)**

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.

**Cambio climático (climate change)**

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 períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales

<sup>4</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en Global Biodiversity Assessment (Heywood, 1995) y en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2005).

como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos 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 períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales. Véanse también Cambio climático asegurado y Detección y atribución.

### Cambio climático abrupto (abrupt climate change)

Cambio a gran escala en el sistema climático que tiene lugar en algunos decenios o en un lapso menor, persiste (o se prevé que persista) durante al menos algunos decenios y provoca importantes alteraciones en los sistemas humanos y naturales.

### Cambio climático asegurado (climate change commitment)

Debido a la inercia térmica del océano y a ciertos procesos lentos de la círosfera 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 llevan 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 ha 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 extremos, de los episodios 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 antropógeno, y con emisiones nulas aseguradas se llegaría a un cambio climático asegurado resultante de fijar a cero las emisiones. Véase también Cambio climático.

### Cambio del nivel del mar (sea level change)

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 barística 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 barísticas 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. Véanse también Nivel del mar relativo y Expansión térmica.

<sup>5</sup> Esta entrada del glosario se basa en definiciones utilizadas en anteriores informes del IPCC y en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2005).

<sup>6</sup> Esta entrada del glosario se basa en la definición utilizada en la UNISDR (2009) y en el IPCC (2012a).

### Cambio global (global change)

Término genérico que describe cambios a escala global en los sistemas, incluido el sistema climático, los ecosistemas y los sistemas socioeconómicos.

### Capacidad de adaptación (adaptive capacity)

Capacidad de los sistemas, las instituciones, los humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.<sup>5</sup>

### Capacidad de afrontamiento (doping capacity)

Capacidad de las personas, instituciones, organizaciones y sistemas, mediante el uso de las aptitudes, valores, convicciones, recursos y oportunidades disponibles, para abordar, manejar y superar condiciones adversas a corto o mediano plazo.<sup>6</sup>

### Casquete de hielo (ice cap)

Masa de hielo en forma de domo de extensión considerablemente menor que un manto de hielo.

### Ciclo del agua (water cycle)

Véase Ciclo hidrológico.

### Ciclo del carbono (carbon cycle)

Término que describe el flujo de carbono (en forma, por ejemplo, de dióxido de carbono) en la atmósfera, el océano, la biosfera terrestre y marina y la litosfera. En este informe, la unidad de referencia para el ciclo del carbono global es la gigatonelada (GtC) o su equivalente el petagramo (PgC) ( $10^{15}$ g).

### Ciclo hidrológico (hydrological cycle)

Ciclo en virtud del cual el agua se evapora de los océanos y de la superficie de la tierra, es transportada sobre la Tierra por la circulación atmosférica en forma de vapor de agua, se condensa para formar nubes, se precipita en forma de lluvia o nieve sobre el océano y la tierra, donde puede ser interceptada por los árboles y la vegetación, genera escorrentía en la superficie terrestre, se infiltra en los suelos, recarga las aguas subterráneas, afluye a las corrientes fluviales y, en la etapa final, desemboca en los océanos, en los que se evapora nuevamente. Los distintos sistemas que intervienen en el ciclo hidrológico suelen denominarse sistemas hidrológicos.

### Ciclón extratropical (extratropical cyclone)

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 (tropical cyclone)

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  $32 \text{ m s}^{-1}$ . Por encima de  $32 \text{ m s}^{-1}$ , un ciclón tropical se denomina huracán, tifón o ciclón, en función del lugar geográfico.

### Circulación meridional de retorno (Meridional Overturning Circulation (MOC))

Circulación meridional de retorno (norte-sur) del océano, cuantificada en términos de sumas zonales (este-oeste) de transporte de masa en capas de profundidad o de densidad. En el Atlántico Norte, lejos de las regiones subpolares, la circulación meridional de retorno (que es, en principio, una cantidad observable), suele identificarse a la circulación termohalina (CTH), que constituye una interpretación conceptual e incompleta. Hay que tener presente que la circulación meridional de retorno se puede impulsar por el viento y abarcar también celdas de renuevo más someras, como sucede en la parte superior tropical y subtropical de los océanos, en que las aguas cálidas (livianas) que se desplazan hacia el polo se transforman en aguas (ligeramente) más densas que experimentan un proceso de subducción y transporte hacia el ecuador, a niveles más profundos.

### Circulación termohalina (CTH) (thermohaline circulation (THC))

Circulación oceánica a gran escala que transforma las aguas superiores, de baja densidad, en aguas intermedias y profundas de mayor densidad y las devuelve a la región superior. La circulación es asimétrica: la conversión a aguas densas tiene lugar solo en determinadas regiones de latitudes altas, mientras que el retorno a la superficie comporta corrientes ascendentes lentas y procesos difusivos en regiones geográficas mucho más extensas. La CTH se debe a la presencia de aguas más densas en la superficie o en sus inmediaciones por efecto de una baja temperatura y/o de una salinidad elevada pero, pese a tener un nombre sugerente aunque común, está causada también por fuerzas mecánicas, como el viento o las mareas. En ocasiones, el nombre CTH se ha utilizado también como sinónimo de circulación meridional de retorno. Véase también Circulación meridional de retorno.

### Clima (climate)

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 períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período de promedio habitual es de 30 años, según la definición de 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 del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos.

### CMIP3 y CMIP5 (CMIP3 and CMIP5)

Fases tercera y quinta del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP3 y CMIP5), que coordinan y archivan simulaciones de modelos climáticos basadas en datos de entrada compartidos por grupos de elaboración de modelos de todo el mundo. El conjunto de datos de modelos múltiples de la CMIP3 incluye proyecciones que utilizan escenarios del IE-EE. El conjunto de datos de la CMIP5 incluye proyecciones que utilizan las trayectorias de concentración representativas.

### Cobeneficios (co-benefits)

Efectos positivos que una política o medida destinada a un objetivo podrían 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.

### Compuestos orgánicos volátiles (COV) (Volatile Organic Compounds (VOC))

Importante clase de contaminantes atmosféricos químicos orgánicos que son volátiles en condiciones ambientales normales. Otros términos que designan a estos compuestos son hidrocarburos (HC), gases orgánicos reactivos y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano. Estos últimos son los principales contribuyentes (junto con los NO<sub>x</sub> y el CO) a la formación de oxidantes fotoquímicos como el ozono.

### Confianza (confidence)

Validez de un resultado basada en el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la evidencia (p. ej., la comprensión mecánica, la teoría, los datos, los modelos, y el juicio experto) y el nivel de acuerdo. La confianza se expresa de forma cualitativa (Mastrandrea y otros, 2010). Véanse el recuadro 1-1. Véase también Incertidumbre.

### Conocimientos tradicionales (traditional knowledge)

Conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales de todo el mundo que están profundamente arraigados en la historia y la experiencia. Los conocimientos tradicionales son dinámicos y se adaptan al cambio cultural y ambiental, y también incorporan otras formas de conocimientos y puntos de vista. Generalmente se transmiten oralmente de generación en generación. A menudo se utilizan como sinónimo de conocimientos indígenas, conocimientos locales o conocimientos ecológicos tradicionales.

### Contaminantes alteradores del clima (climate-altering pollutants (CAPs))

Gases y partículas liberados por las actividades humanas que afectan al clima, ya sea directamente, a través de mecanismos como el forzamiento radiativo por cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero, o indirectamente, por ejemplo, afectando a la formación de nubes o el período de vida de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Los contaminantes alteradores del clima comprenden los contaminantes que tienen un efecto de calentamiento en la atmósfera, como el CO<sub>2</sub>, y los que tienen un efecto de enfriamiento, como los sulfatos.

### Contaminantes orgánicos persistentes (persistent organic pollutants (POPs))

Sustancias químicas orgánicas tóxicas que persisten en el medio ambiente durante largos períodos de tiempo y son transportadas y depositadas en lugares distantes del lugar de origen y liberación, se bioacumulan y pueden tener efectos adversos en la salud humana y los ecosistemas.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Esta entrada del glosario se basa en la definición utilizada en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2001).

### Convección (convection)

Movimiento vertical producido por fuerzas ascendentes causadas por inestabilidad estática, frecuentemente debido a un enfriamiento cerca de la superficie o a aumentos de salinidad, en el caso de los océanos, y a un calentamiento cerca de la superficie o un enfriamiento por radiación en la cima de las nubes, en el caso de la atmósfera. En la atmósfera, la convección hace que se formen Cumulus y precipitación y es eficaz en la depuración y el transporte vertical de sustancias químicas. En el océano, la convención puede llevar las aguas superficiales a zonas profundas.

### Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC))

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 Comunidad Europea. Su objetivo último es "la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático". Contiene cláusulas que comprometen a todas las Partes. En virtud de la Convención, las Partes incluidas en el anexo I (todos los países de la OCDE y países de economía en transición) se proponen retornar, para el año 2000, a los niveles de emisión de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal que existían en 1990. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. En 1997 la CMNUCC incorporó el Protocolo de Kyoto.

### Costo social del carbono (social cost of carbon (SCC))

Valor actual neto de los daños climáticos (con los daños expresados como número positivo) de una tonelada más de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, que depende de la trayectoria global de mitigación climática de referencia seguida a lo largo del tiempo con emisiones conexas.

### Costos de oportunidad (opportunity costs)

Beneficios no percibidos de una actividad por escoger otra diferente.

### Creación de capacidad (capacity building)

Práctica de aumento de fortalezas y atributos, así como de los recursos disponibles, de un individuo, comunidad, sociedad u organización para responder a los cambios.

### Criosfera (cryosphere)

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).

### Decoloración coralina (coral bleaching)

Depigmentación del coral por pérdida de algas simbióticas intracelulares (conocidas como zooxantelas) y/o pérdida de sus pigmentos.

### Déficit de adaptación (adaptation deficit)

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 (deforestation)

Conversión de una extensión boscosa en no boscosa. En relación con el término bosque y otros de índole similar, como *forestación*, *reforestación* y *deforestación*, puede consultarse el Informe Especial del IPCC sobre uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (IPCC, 2000). Véase también el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003).

### Dependencia del camino escogido (path dependence)

Situación general en que las decisiones, sucesos o resultados en un momento dado limitan la adaptación, mitigación u otras medidas u opciones en un momento posterior.

### Desarrollo sostenible (sustainable development)

Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987).

### Desastre (disaster)

Alteración grave del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido 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 (decarbonization)

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.

### Descuento (discounting)

Operación matemática que hace que las cantidades monetarias (u otras cantidades) recibidas o consumidas en diferentes momentos (años) sean comparables a lo largo del tiempo. En la operación se utiliza una tasa de descuento (>0) fija o que posiblemente varíe en el tiempo de un año a otro, que hace que el valor futuro tenga un valor menor en la actualidad.

### Desertificación (desertification)

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, occasionada 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 (UNCCD, 1994).

### Detección de los impactos del cambio climático (detection of impacts of climate change)

Identificación de los cambios en los sistemas naturales, humanos o gestionados respecto de una referencia especificada. La referencia caracteriza el comportamiento en ausencia de cambio climático y puede ser estacionaria o no estacionaria (p.ej., debida al cambio en el uso del suelo).

### Detección y atribución (detection and attribution)

La detección de cambios se define como el proceso de demostrar que el clima o un sistema afectado por el clima han 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%. La atribución se define como el proceso de evaluación de las contribuciones relativas de varios factores casuales a un cambio o evento con una asignación de confianza estadística (Hegerl y otros, 2009).

### Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ))

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 (p. ej., producción de cemento). Es el principal gas de efecto invernadero antropógeno 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.

### Dipolo del océano Índico (Indian Ocean Dipole (IOD))

Modo de variabilidad interanual a gran escala de la temperatura superficial del mar en el océano Índico. Esta configuración se manifiesta mediante un gradiente zonal de temperatura superficial del mar en el trópico, que en una fase extrema en el otoño boreal provoca un enfriamiento de Sumatra y un calentamiento de Somalia en el oeste, junto con vientos del este anormales a lo largo del ecuador.

### Ecosistema (ecosystem)

Unidad funcional que consta de organismos vivos, su entorno no vivo y las interacciones entre ellos. Los componentes incluidos en un ecosistema concreto y sus límites espaciales dependen del propósito para el que se defina el ecosistema: en algunos casos están relativamente diferenciados mientras que en otros son difusos. Los límites de los ecosistemas pueden variar con el tiempo. Los ecosistemas se organizan dentro de otros ecosistemas, y la escala a la que se manifiestan puede ser desde muy pequeña hasta el conjunto de la biosfera. En la era actual, la mayoría de los ecosistemas o bien contienen seres humanos como organismos fundamentales, o bien están influidos por los efectos de las actividades humanas en su entorno.

### Efecto invernadero (greenhouse effect)

Efecto radiativo infrarrojo de todos los componentes de la atmósfera que absorben en el infrarrojo. Los gases de efecto invernadero y las nubes y, en menor medida, los aerosoles absorben la radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra y por cualquier punto de la atmósfera. Esas sustancias emiten radiación infrarroja en todas las direcciones, pero, a igualdad de condiciones, la cantidad neta de energía

emitida al espacio es generalmente menor de la que se habría emitido en ausencia de esos absorbentes debido a la disminución de la temperatura con la altitud en la troposfera y el consiguiente debilitamiento de la emisión. Una mayor concentración de gases de efecto invernadero aumenta la magnitud de este efecto, y la diferencia generalmente se denomina efecto invernadero intensificado. La modificación de la concentración de los gases de efecto invernadero debido a emisiones antropógenas 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.

### Eficiencia en el uso del agua (water-use efficiency)

Ganancia de carbono mediante fotosíntesis por unidad de agua perdida por evapotranspiración. En períodos cortos, puede expresarse como el cociente entre la ganancia de carbono fotosintético por unidad de agua perdida por transpiración y, a escala estacional, como el cociente entre la producción primaria neta o el rendimiento agrícola y la cantidad de agua utilizada.

### El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) (El Niño-Southern Oscillation (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 está asociado a cierta fluctuación de un patrón global de presiones en la superficie tropical y subtropical que se denomina Oscilación del Sur. Este fenómeno atmósfera-océano acoplado, cuya escala de tiempo más habitual abarca entre 2 y aproximadamente 7 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 o de las temperaturas superficiales del mar en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial. Durante un episodio de ENOS, los vientos 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 vientos alisios. Este fenómeno afecta considerablemente a los patrones de viento, de temperatura superficial del mar y de 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. Para los índices correspondientes, véase GTI IE5 recuadro 2.5.

### Emisiones antropógenas (anthropogenic emissions)

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 de la tierra, la producción ganadera, la fertilización, la gestión de desechos y los procesos industriales.

### Enfoque ecosistémico (ecosystem approach)

Estrategia orientada a la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos que promueve la conservación y el uso sostenible de modo equitativo. Se basa en la aplicación de metodologías científicas configuradas en función de los niveles de organización biológica que

abarcen la estructura, los procesos, las funciones y las interacciones esenciales entre los organismos y su entorno. Tiene en cuenta que los seres humanos, con su diversidad cultural, son un componente integral de muchos ecosistemas. El enfoque ecosistémico exige una gestión adaptativa para tratar con la índole compleja y dinámica de los ecosistemas y con la ausencia de un conocimiento o comprensión completa de su funcionamiento. Entre sus objetivos prioritarios figura la conservación de la biodiversidad y de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, con miras a mantener los servicios ecosistémicos.<sup>8</sup>

### **Ensamble (ensemble)**

Conjunto de simulaciones de modelos que caracterizan una predicción climática o una proyección climática. Las diferencias en las condiciones iniciales y la formulación de los modelos dan lugar a diferentes evoluciones de los sistemas de los modelos y pueden aportar información sobre la incertidumbre asociada con el error de los modelos y con el error en las condiciones iniciales en el caso de los pronósticos climáticos y sobre la incertidumbre asociada con el error de los modelos y con la variabilidad climática generada internamente en el caso de las proyecciones climáticas.

### **Episodio climático extremo (extreme climate event)**

Véase Episodio meteorológico extremo.

### **Episodio meteorológico extremo (extreme weather event)**

Episodio meteorológico raro en determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de raro son diversas, la rareza normal de un episodio 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 episodio meteorológico extremo pueden variar de un lugar a otro en sentido absoluto. Un comportamiento extremo del tiempo puede clasificarse como episodio meteorológico extremo cuando persiste durante cierto tiempo (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).

### **Escenario (scenario)**

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, Escenario de emisiones, Trayectorias de concentración representativas y Escenarios del IE-EE.

### **Escenario climático (climate scenario)**

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 antropógeno, 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. Véanse también Escenario de emisiones y Escenario.

### **Escenario de emisiones (emission scenario)**

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 ellos. Los escenarios de concentraciones, obtenidos a partir de los escenarios de emisión, se introducen en un modelo climático para obtener proyecciones climáticas. En IPCC (1992) se expone un conjunto de escenarios de emisiones utilizados para las proyecciones del clima publicadas en IPCC (1996). Este conjunto de escenarios se denomina IS92. En el Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (Nakićenović y Swart, 2000) se publicaron los nuevos escenarios del IE-EE, algunos de los cuales se utilizaron, en particular, para las proyecciones del clima expuestas en los capítulos 9 a 11 de IPCC (2001) y en los capítulos 10 y 11 de IPCC (2007). Los nuevos escenarios de emisiones para el cambio climático, esto es, las cuatro *trayectorias de concentración representativas*, se desarrollaron para la presente evaluación del IPCC, si bien por separado de esta. Véanse también Escenario climático y Escenario.

### **Escenario de referencia (reference scenario)**

Véase Base/referencia.

### **Escenarios del IE-EE (Informe especial sobre escenarios de emisiones) (SRES scenarios)**

Escenarios de emisión desarrollados por Nakićenović y Swart (2000) y utilizados, en particular, como base para algunas de las proyecciones climáticas indicadas en los capítulos 9 a 11 de IPCC (2001) y en los capítulos 10 y 11 de IPCC (2007). Los términos siguientes ayudan a comprender mejor la estructura y la manera en que se utiliza el conjunto de escenarios del IE-EE:

**Familia de escenarios** Escenarios con líneas argumentales demográficas, sociales, económicas y técnicas similares. El conjunto de escenarios del IE-EE está integrado por cuatro familias de escenarios, denominadas A1, A2, B1 y B2.

**Escenario ilustrativo** Escenario que tipifica alguno de los seis grupos de escenarios referidos en el Resumen para responsables de políticas de Nakićenović y Swart (2000). Contiene cuatro escenarios testimoniales revisados para los grupos de escenarios A1, A2, B1 y B2 y dos escenarios adicionales para los grupos A1FI y A1T. Todos los grupos de escenarios son igualmente consistentes.

**Escenario testimonial** Borrador de escenario insertado originalmente en el sitio web del IE-EE para representar una familia de escenarios dada. Su selección se determinó en función de las cuantificaciones iniciales que mejor reflejaban la línea argumental y las particularidades de determinados modelos. Los escenarios testimoniales no son más verosímiles que otros escenarios, pero el equipo de redacción del IE-EE los consideró ilustrativos de determinada

<sup>8</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (2000), la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) y el Cuarto Informe de Evaluación.

línea narrativa. Figuran, en versión revisada, en Nakićenović y Swart (2000). Estos escenarios fueron meticulosamente analizados por todo el equipo de redacción, y mediante el proceso abierto del IE-EE. Se seleccionaron también escenarios ilustrativos de los otros dos grupos de escenarios.

**Línea argumental** Descripción textual de un escenario (o familia de escenarios) que expone sus principales características, las relaciones entre las principales fuerzas originadoras y la dinámica de su evolución.

**Escenario sin introducción de cambios (business as usual (BAU))**  
Las proyecciones de los escenarios sin introducción de cambios se basan en la suposición de que las prácticas y políticas de funcionamiento se mantienen igual que en la actualidad. Aunque los escenarios de referencia podrían incorporar algunas de las características específicas de los escenarios sin introducción de cambios (p. ej., la prohibición de una tecnología específica), los escenarios sin introducción de cambios implican que no se introducen prácticas ni políticas distintas de las que se aplican actualmente. Véanse también Base/referencia, Escenario climático, Escenario de emisiones, Trayectorias de concentración representativas, Escenario, Escenario socioeconómico y Escenarios del IE-EE.

#### **Escenario socioeconómico (socio-economic scenario)**

Escenario que describe un posible futuro en términos de población, producto interno bruto y otros factores socioeconómicos necesarios para comprender las implicaciones del cambio climático.

#### **Escoorrentía (runoff)**

Parte de la precipitación que no se evapora ni es transpirada, sino que fluye a través del terreno o sobre su superficie y retorna a los cuerpos de agua. Véase también Ciclo hidrológico.

#### **Esmog fotoquímico (photochemical smog)**

Mezcla de contaminantes oxidantes presentes en el aire, producidos por reacción de la luz solar con contaminantes primarios del aire, especialmente hidrocarburos.

#### **Especie invasora/especie exótica invasora (invasive species/invasive alien species (IAS))**

Las 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 (IUCN, 2000; CDB, 2002).

#### **Estratosfera (stratosphere)**

Región de la atmósfera abundantemente estratificada, situada sobre la troposfera, que abarca desde unos 10 km (9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos, en promedio) hasta unos 50 km de altitud.

#### **Eutrofización (eutrophication)**

Enriquecimiento excesivo del agua por nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Es una de las principales causas de pérdida de calidad del agua. Los dos síntomas más agudos de eutrofización son la hipoxia (o agotamiento del oxígeno) y la proliferación de algas dañinas. Véase también Zonas muertas.

#### **Evaluación de la adaptación (adaptation assessment)**

Práctica consistente en identificar opciones de adaptación al cambio climático y en evaluarlas en términos de disponibilidad, beneficios, costos, efectividad, eficiencia y viabilidad.

#### **Evaluación de riesgos (risk assessment)**

Estimación científica cualitativa y/o cuantitativa de los riesgos.

#### **Evaluación del impacto (del cambio climático) ((climate change) Impact assessment)**

Práctica de identificar y evaluar, en términos monetarios y/o no monetarios, de los efectos del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos.

#### **Evaluación integrada (integrated assessment)**

Método de análisis que integra en un marco coherente los resultados y los modelos de las ciencias físicas, biológicas, económicas y sociales y las interacciones entre estos componentes, a fin de evaluar el estado y las consecuencias del cambio medioambiental y las respuestas de política a dicho cambio.

#### **Expansión térmica (thermal expansion)**

En referencia al nivel del mar, aumento de volumen (y disminución de densidad) causado por el calentamiento del agua. El calentamiento del océano conlleva un aumento de volumen y, por consiguiente, un aumento del nivel del mar. Véase Cambio del nivel del mar.

#### **Exposición (exposure)**

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

#### **Externalidades/costos externos/beneficios externos (externalities/external costs/external benefits)**

Se generan externalidades de 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.

#### **Extremo climático (episodio meteorológico o climático extremo) (climate extreme (extreme weather or climate event))**

Véase Episodio meteorológico extremo.

#### **Factores de estrés (stressors)**

Sucesos y tendencias, a menudo no relacionados con el clima, que tienen un importante efecto en el sistema expuesto a ellos y que pueden hacer que aumente la vulnerabilidad al riesgo asociado al clima.

#### **Fenología (phenology)**

Relación entre los fenómenos biológicos que se repiten periódicamente (p. ej., las etapas de desarrollo y la migración) y los cambios climáticos y estacionales.

## Fertilización por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) fertilization)

Intensificación del crecimiento vegetal debido al aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera.

## Forzamiento externo (external forcing)

Agente de forzamiento ajeno al sistema climático que induce un cambio en este. Son forzamientos externos las erupciones volcánicas, las variaciones solares, los cambios antropogénicos de la composición de la atmósfera y los cambios de uso del suelo. El forzamiento orbital es también un forzamiento externo, puesto que la insolación se modifica con la excentricidad de los parámetros orbitales, la inclinación y la precesión de los equinoccios.

## Forzamiento radiativo (radiative forcing)

Variación, expresada en W m<sup>-2</sup>, de la irradiación neta (la descendente menos la ascendente) 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 o de la radiación solar. A veces los elementos impulsores internos se siguen considerando forzamientos incluso aunque se deban a su alteración en el clima, como las modificaciones de los aerosoles o los gases de efecto invernadero en los paleoclimas. El forzamiento radiativo tradicional se calcula manteniendo fijas en un valor no perturbado todas las propiedades de la troposfera y dejando que las temperaturas estratosféricas, una vez perturbadas, se reajusten hasta alcanzar el equilibrio dinámico radiativo. Cuando no contempla como variable la temperatura de la estratosfera, se denomina forzamiento radiativo instantáneo. El forzamiento radiativo tras contabilizar los ajustes rápidos se denomina forzamiento radiativo efectivo. A los efectos del presente informe, el forzamiento radiativo se define específicamente como la variación respecto de 1750 y, a menos que se indique lo contrario, denota un promedio global anual. No debe confundirse el forzamiento radiativo con el forzamiento radiativo de nube, que describe una medida no relacionada del efecto de las nubes sobre la irradiación en la parte superior de la atmósfera.

## Función de densidad de probabilidad (FDP) (Probability Density Function (PDF))

Función que indica las posibilidades relativas de que sucedan diferentes valores de una variable. Su integral es igual a 1 en el dominio en el que ha sido definida, y su integral en un subdominio dado es igual a la probabilidad de que el valor acaecido pertenezca a ese subdominio. Por ejemplo, la probabilidad de que una anomalía de temperatura definida en ciertos términos sea mayor que cero se obtiene integrando la FDP para todas las posibles anomalías de temperatura mayores que cero. Las funciones de densidad de probabilidad que describen simultáneamente dos o más variables se definen de manera análoga.

## Gas de efecto invernadero (GEI) (greenhousegas (GHG))

Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropogénico, 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<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además,

la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropogénico, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, el Protocolo de Kyoto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Para obtener un alista de gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados, véase GTI IE5 cuadro 2.SM.1.

## Geoingeniería (geoengineering)

Vasto conjunto de métodos y tecnologías que tienen por objeto alterar deliberadamente el sistema climático a fin de aliviar los impactos del cambio climático. La mayoría de los métodos, si bien no todos ellos, tratan de: 1) reducir la cantidad de energía solar absorbida en el sistema climático (gestión de la radiación solar); o 2) aumentar los sumideros netos de carbono procedente de la atmósfera a escala suficientemente grande para alterar el clima (remoción de dióxido de carbono). La escala y el propósito tienen una importancia fundamental. Dos de las principales características de los métodos de geoingeniería de especial interés son que utilizan el sistema climático o tienen efectos sobre él (p. ej. en la atmósfera, la tierra o el océano) a nivel global o regional, y que podrían tener importantes efectos transfronterizos no intencionados. La geoingeniería difiere de la modificación artificial del tiempo y de la ingeniería ecológica, pero la divisoria puede resultar un tanto difusa (IPCC, 2012b, pág. 2).

## Gestión adaptativa (adaptive management)

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 de desastres (disaster management)

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 de riesgos (risk management)

Planes, medidas o políticas aplicados para reducir la probabilidad y/o las consecuencias de los riesgos o para responder a sus consecuencias.

## Gestión de riesgos de desastre (disaster risk management (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) (integrated coastal zone management (ICZM))

Enfoque integrado para la gestión sostenible de las zonas costeras, teniendo en cuenta todos los hábitats y usos costeros.

### Gobernanza climática (climate governance)

Mecanismos y medidas voluntarios destinados a dirigir los sistemas sociales hacia la prevención o mitigación de los riesgos del cambio climático o la adaptación a ellos (Jagers y Stripple, 2003).

### Hambruna (famine)

Escasez de alimentos durante un período de tiempo prolongado y en una gran extensión geográfica, como un país, o falta de acceso a los alimentos por motivos socioeconómicos, políticos o culturales. Las hambrunas pueden estar causadas por episodios climáticos extremos como sequías o inundaciones y por plagas, guerras u otros factores.

### Impacto agregado (agrégate impacts)

Impacto total integrado en todos sectores y/o regiones. Para calcular el impacto agregado, es necesario conocer (o presuponer) la importancia relativa de los diferentes impactos. Entre las medidas del impacto agregado figuran, por ejemplo, el número total de personas afectadas o el costo económico total, y suelen estar vinculadas por el tiempo, el lugar o el sector.

### Impactos (consecuencias, resultados)<sup>9</sup> (impacts (consequences, outcomes))

Efectos en los sistemas naturales y humanos. En el presente informe, el término impactos se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas; medios de subsistencia; estados de salud; ecosistemas; bienes económicos, sociales y culturales; servicios (incluidos los ambientales) e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos 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 inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos.

### Impactos culturales (cultural impacts)

Impactos en aspectos materiales y ecológicos de la cultura y la experiencia vivida de la cultura, concretamente en dimensiones como identidad, cohesión comunitaria y sentimiento de pertenencia comunitaria, sentido de lugar, visión del mundo, valores, percepciones y tradiciones. Los impactos culturales están estrechamente relacionados con los impactos ecológicos, especialmente respecto de las dimensiones de representación e icónica de las especies y los paisajes. La cultura y las prácticas culturales establecen la importancia y el valor de los impactos del cambio, conforman la viabilidad y aceptabilidad de las opciones de adaptación y aportan competencias y prácticas que permiten la adaptación.

### Incertidumbre (uncertainty)

Estado de conocimiento incompleto que puede deberse a una falta de información o a un desacuerdo con respecto a lo que es conocido o incluso cognoscible. Puede reflejar diversos tipos de situaciones, desde la imprecisión en los datos hasta una definición ambigua de un concepto

o término, o una proyección incierta de la conducta humana. Por ello, la incertidumbre puede representarse mediante valores cuantitativos (p. ej., una función de densidad de probabilidad), o mediante asertos cualitativos (que reflejen, por ejemplo, una apreciación de un equipo de expertos) (véanse Moss y Schneider, 2000; Manning y otros, 2004; y Mastrandrea y otros, 2010). Véanse también Confianza y Probabilidad.

### Incorporación (uptake)

Adición de una sustancia a un reservorio. La incorporación de sustancias que contienen carbono, en particular de dióxido de carbono, suele denominarse secuestro (de carbono).

### Indicador indirecto (proxy)

Un indicador climático indirecto es un registro cuya interpretación basada en ciertos principios físicos y biofísicos permite representar un conjunto de variaciones relacionadas con el clima en tiempos pasados. Los datos así obtenidos se denominan datos indirectos. Son datos indirectos los análisis del polen, los registros de anillos arbóreos, los espeleotemas, las características de los corales, o ciertos datos obtenidos de sedimentos marinos y testigos de hielo. Los datos indirectos se pueden calibrar de modo que ofrezcan información climática cuantitativa.

### Índice de vulnerabilidad (vulnerability index)

Medida de la caracterización de la vulnerabilidad de un sistema. El índice de vulnerabilidad climática se obtiene en general mediante la combinación, con o sin ponderación, de diversos indicadores que supuestamente representan la vulnerabilidad.

### Instituciones (institutions)

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.

### Intrusión/invasión de agua salada (salt-water intrusion/en-croachment)

Desplazamiento de agua dulce superficial o subterránea debido a la irrupción de agua salada, que tiene mayor densidad. Suele producirse en áreas costeras y estuarios, como consecuencia de una menor influencia de los procesos terrestres (p. ej., una disminución de la escorrentía y de la correspondiente recarga de agua subterránea, o una detracción excesiva de agua de los acuíferos), o a una mayor influencia de los procesos marinos (p. ej., la elevación relativa del nivel del mar).

### Inundación (flood)

Desbordamiento por encima de los confines normales de un arroyo u otro cuerpo de agua, o la acumulación de agua por encima de zonas que normalmente no están sumergidas. Los distintos tipos de inundaciones comprenden las fluviales, súbitas, urbanas, pluviales, de aguas residuales, costeras y de desbordamiento de lagos glaciares.

<sup>9</sup> Como reflejo del progreso en la ciencia, esta entrada del glosario difiere en alcance y enfoque de la entrada utilizada en el Cuarto Informe de Evaluación y otros informes del IPCC.

**Isla de calor urbana (urban heat island)**

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 (La Niña)**

Véase El Niño-Oscilación del Sur.

**Limitación de la adaptación (adaptation constraint)**

Factores que hacen que sea más difícil planificar y aplicar medidas de adaptación o que restringen las opciones.

**Límite a la adaptación (adaptation limit)**

Punto en que los objetivos de un agente (o las necesidades de un sistema) no pueden asegurarse frente a los riesgos intolerables mediante medidas de adaptación.

**Límite rígido a la adaptación** No se pueden adoptar medidas de adaptación para evitar riesgos intolerables.

**Límite blando a la adaptación** Actualmente no se dispone de opciones para evitar riesgos intolerables mediante medidas de adaptación.

**Límite arbóreo (tree line)**

Límite geográfico superior de crecimiento arbóreo en montañas o en latitudes altas. Está situada a mayor altura y más cerca de los polos que el límite boscoso.

**Manto de hielo (ice sheet)**

Masa de hielo terrestre de tamaño continental y espesor suficiente para recubrir en su mayor parte la topografía del lecho subyacente, de tal manera que su forma está determinada principalmente por su dinámica (es decir, por el flujo del hielo al deformarse su estructura interna y/o deslizarse en su base). Un manto de hielo fluye desde una altiplanicie central de hielo con una inclinación superficial en promedio pequeña. Los márgenes suelen tener una pendiente más pronunciada, y la mayoría del hielo afluye en corrientes de hielo rápidas o glaciares de aflujo, a veces hacia el mar o hacia plataformas de hielo que flotan sobre el mar. En la actualidad, existen solo dos mantos de hielo, uno en Groenlandia y otro en la Antártida. En los períodos glaciales hubo otros mantos de hielo.

**Marea meteorológica (storm surge)**

Aumento episódico de la altura del mar en un determinado lugar causado por condiciones meteorológicas extremas (presión atmosférica baja y/o vientos fuertes). Se define como la diferencia entre el nivel de la marea alcanzado y el esperado en un lugar y momento dados.

**Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) (Clean Development Mechanism (CDM))**

Mecanismo definido en el artículo 12 del Protocolo de Kyoto que permite a los inversores (gobiernos y empresas) de los países desarrollados (incluidos en el anexo B) financiar los proyectos de reducción de emisiones o remoción de gases de efecto invernadero en los países en desarrollo (no incluidos en el anexo B) y recibir unidades de reducción de emisiones certificadas por ello, que pueden utilizar para cumplir las obligaciones de sus respectivos países desarrollados. El mecanismo

para un desarrollo limpio tiene por objeto facilitar los dos objetivos de promover el desarrollo sostenible en los países en desarrollo y ayudar a los países industrializados a alcanzar sus compromisos en materia de emisiones de forma eficaz en función de los costos.

**Medidas adaptativas incorrectas (o adaptación incorrecta) (mal-adaptive actions (or maladaptation))**

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.

**Medios de subsistencia (livelihood)**

Recursos utilizados y actividades realizadas para vivir. Generalmente se determinan por los derechos y activos a los que tienen acceso las personas. Dichos activos se pueden clasificar como humanos, sociales, naturales, físicos o financieros.

**Meteorología de los incendios (fire weather)**

Condiciones meteorológicas propicias a causar y mantener incendios, generalmente basadas en un conjunto de indicadores y combinaciones de indicadores que incluyen temperatura, humedad del suelo y del aire, y viento. En esas condiciones no se tiene en cuenta que en el lugar se lleve a cabo o no carga de combustible.

**Microclima (microclimate)**

Clima local en la superficie de la Tierra o en sus inmediaciones. Véase también Clima.

**Migración medioambiental (environmental migration)**

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 los 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 describir ningún flujo migratorio como originado únicamente por motivos medioambientales.

**Mitigación (de los riesgos de desastre y de los desastres) (mitigation (of disaster risk and disaster))**

Aminoración del potencial de los impactos adversos de los peligros físicos (incluidos los inducidos por el ser humano) mediante acciones que reducen el peligro, la exposición y la vulnerabilidad.

**Mitigación (del cambio climático) (mitigation (of climate change))**

Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero.

**Modelado de la distribución de especies (species distribution modeling)**

Simulación de los efectos ecológicos del cambio climático. El modelado de la distribución de especies utiliza superficies de respuesta elaboradas de forma estadística o teórica para relacionar las observaciones de

presencia de especies o límites de tolerancia conocidos con variables de predictores medioambientales, prediciendo así el área de distribución de las especies como la manifestación de características del hábitat que limitan o apoyan su presencia en un lugar determinado. Los modelos de distribución de especies también se conocen como modelos de nicho. Los modelos bioclimáticos pueden considerarse un subconjunto de los modelos de distribución de especies que predicen la presencia de especies o la adecuación del hábitat basándose únicamente en variables climáticas.

#### **Modelo climático (en espectro o en jerarquía) (climate model (spectrum or hierarchy))**

Representación numérica del sistema climático basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y en sus procesos de retroalimentación, y que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático se puede representar mediante modelos de diverso grado de complejidad; en otras palabras, para cada componente o conjunto de componentes es posible identificar un espectro o jerarquía de modelos que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que aparecen representados explícitamente los procesos físicos, químicos o biológicos, o el grado de utilización de parametrizaciones empíricas. Los modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO) acoplados proporcionan la más completa representación del sistema climático actualmente disponible. Se está evolucionando hacia modelos más complejos que incorporan química y biología interactivas. Los modelos climáticos se utilizan como herramienta de investigación para estudiar y simular el clima y para fines operativos, en particular predicciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales. Véase también Modelo del sistema terrestre.

#### **Modelo climático global (también denominado modelo de la circulación general, ambos abreviados como MCG) (global climate model (also referred to as general circulation model, both abbreviated as GCM))**

Véase Modelo climático.

#### **Modelo de circulación general (MCG) (General Circulation Model (GCM))**

Véase Modelo climático.

#### **Modelo de circulación general atmósfera-océano (MCGAO) (Atmosphere-Ocean General Circulation Model (AOGCM))**

Véase Modelo climático.

#### **Modelo del sistema Tierra (earth System Model (ESM))**

Modelo de circulación general atmósfera-océano acoplado que incluye la representación del ciclo del carbono, lo que permite el cálculo interactivo del CO<sub>2</sub> atmosférico o las emisiones compatibles. También puede incluir otros componentes (p. ej. química de la atmósfera, mantos de hielo, vegetación dinámica o ciclo del nitrógeno, pero también modelos urbanos o de cultivos). Véase también Modelo climático.

#### **Modelo dinámico de vegetación global (dynamic global vegetation model (DGVM))**

Modelo que simula el desarrollo y la dinámica de la vegetación en el espacio y en el tiempo por efecto del clima y de otros cambios medioambientales.

#### **Modo Anular del Sur (MAS) (Southern Annular Mode (SAM))**

Principal modo de variabilidad de la altura geopotencial del hemisferio sur, asociado con modificaciones en la latitud de la corriente de latitudes medias. Véase el índice MAS en GTI IE5 recuadro 2.5.

#### **Modo de variabilidad climática (mode of climate variability)**

Estructura espacio-temporal subyacente con una configuración espacial y una variación temporal preferidas que ayuda a considerar los rasgos brutos en la varianza y a efectos de teleconexiones. Generalmente se considera que un modo de variabilidad es el producto de un patrón climático espacial y una serie temporal conexa del índice climático.

#### **Monzón (monsoon)**

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.

#### **Motivos de preocupación (reasons for concern)**

Elementos de un marco de clasificación, desarrollado por primera vez en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, que tiene por objeto facilitar los criterios sobre el nivel de cambio climático que puede ser "peligroso" (según el lenguaje utilizado en el artículo 2 de la CMNUCC) al añadir impactos, riesgos y vulnerabilidades.

#### **Motor climático (motor del clima) (climatic driver (climate driver))**

Aspecto cambiante del sistema climático que influye en un componente de un sistema humano o natural.

#### **Motor no climático (motor externo al clima) (non-climatic driver (non-climate driver))**

Agente o proceso externo al sistema climático que influye en un sistema humano o natural.

#### **Necesidades de adaptación (adaptation needs)**

Circunstancias que exigen medidas para garantizar la seguridad de las poblaciones y la seguridad de los activos en respuesta a los impactos climáticos.

#### **Nivel del mar extremo (extreme sea level)**

Véase Marea meteorológica

#### **Nivel del mar relativo (relative sea level)**

Nivel del mar medido mediante un mareógrafo respecto de la tierra sobre el que se sitúa. Véanse también Nivel medio del mar y Cambio del nivel del mar.

#### **Nivel medio del mar (mean sea level)**

Nivel de la superficie del océano en un punto particular promediado durante un período de tiempo prolongado como un mes o un año. A menudo se utiliza como dato de referencia nacional para las alturas en tierra.

#### **No linealidad (non linearity)**

Se dice que un proceso es no lineal cuando no existe una relación proporcional simple entre causa y efecto. El sistema climático contiene muchos procesos no lineales, por lo que su comportamiento es

potencialmente muy complejo. Esta complejidad puede ocasionar cambios climáticos abruptos. Véase también Predictibilidad.

#### Ola de calor (heat wave)

Período de tiempo anormalmente caluroso e incómodo.

#### Opciones de adaptación (adaptation options)

Conjunto de estrategias y medidas disponibles y adecuadas para hacer frente a las necesidades de adaptación. Incluyen una amplia gama de medidas que se pueden clasificar como estructurales, institucionales o sociales.

#### Oportunidad de adaptación (adaptation opportunity)

Factores que facilitan la planificación y aplicación de medidas de adaptación, que amplían las opciones de adaptación, o que proporcionan cobeneficios.

#### Organización fronteriza (boundary organization)

Institución puente, acuerdo social o red que actúa como intermediario entre la ciencia y las políticas.

#### Oscilación Decenal del Pacífico (ODP) (Pacific Decadal Oscillation (PDO))

Configuración y serie temporal de la primera función ortogonal empírica de temperatura superficial del mar en el Pacífico Norte al norte de los 20°N. La ODP ampliada de modo que abarque toda la cuenca del Pacífico se conoce como la Oscilación Interdecenal del Pacífico. Ambas oscilaciones, la decenal y la interdecenal, muestran una evolución temporal parecida.

#### Oscilación del Atlántico Norte (OAN) (North Atlantic Oscillation (NAO))

Oscilación consistente en variaciones de signo opuesto de la presión en superficie en las proximidades de Islandia y de las Azores. Se corresponde con fluctuaciones de la intensidad de los principales vientos atlánticos del oeste hacia Europa y, por consiguiente, con fluctuaciones de los ciclones extratropicales subsumidos junto con los frentes a estos asociados. Véase el índice OAN en GTI IE5 recuadro 2.5.

#### Oscilación/Variabilidad Multidecenal Atlántica (OMA/VMA) (Atlantic Multi-decadal Oscillation/Variability (AMO/AMV))

Fluctuación multidecenal (entre 65 y 75 años) de las temperaturas superficiales del mar del Atlántico Norte, que pasaron por fases más cálidas entre 1860 y 1880 y entre 1930 y 1960, y por fases más frías entre 1905 y 1925 y entre 1970 y 1990, a lo largo de un intervalo del orden de 0,4 °C. Véase el Índice de la OMA en GTI IE5 recuadro 2.5.

#### Ozono (ozone)

Molécula constituida por tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ), que es uno de los componentes gaseosos de la atmósfera. En la troposfera, se forma espontáneamente y mediante reacciones fotoquímicas con gases resultantes de las actividades humanas (smog). El ozono troposférico actúa como un gas de efecto invernadero. En la estratosfera, se forma por efecto de la interacción entre la radiación ultravioleta del Sol y las moléculas de oxígeno ( $O_2$ ). El ozono estratosférico desempeña una función preponderante en el equilibrio radiativo de la estratosfera. Su concentración alcanza un valor máximo en la capa de ozono.

#### Ozono al nivel del suelo (ground-level ozone)

Ozono atmosférico formado naturalmente o a partir de precursores emitidos por el ser humano cerca de la superficie de la Tierra, afectando así a la salud humana, la agricultura y los ecosistemas. El ozono es un gas de efecto invernadero, pero el ozono al nivel del suelo, a diferencia del ozono estratosférico, también afecta de forma directa a los organismos de la superficie. El ozono al nivel del suelo a veces se denomina ozono troposférico, si bien una gran parte de la troposfera está muy por encima de la superficie y por tanto no está en contacto directo con los organismos de la superficie. Véase también Ozono.

#### Países industrializados/desarrollados/en desarrollo (industrialized/developed/developing countries)

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 presente informe se utilizan diversas clasificaciones. 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 países de ingresos bajos, medianos bajos, medianos, medianos altos y altos. El PNUD 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. Véase el recuadro 1-2.

#### Parametrización (parametrization)

En un modelo climático, técnica utilizada para representar procesos que no es posible resolver explícitamente como consecuencia de la resolución espacial o temporal del modelo (procesos a escala de subretícula), mediante relaciones existentes entre las variables en mayor escala resueltas por el modelo y el efecto, promediado en área o a lo largo del tiempo, de tales procesos de escala subreticular.

#### Partículas (particulates)

Diminutas partículas sólidas emitidas durante la combustión de combustibles de origen fósil y de biomasa. Pueden estar constituidas por muy diversas sustancias. Las más amenazadoras para la salud son las de diámetro igual o inferior a 10 nm, generalmente designadas PM<sub>10</sub>.

#### Pastoreo (pastoralism)

Estrategia de subsistencia basada en el traslado del ganado a pastos estacionales principalmente con objeto de convertir hierbas, hojas de especies leñosas o residuos de los cultivos en alimento humano. La búsqueda de alimento no es sin embargo el único motivo del desplazamiento, también puede hacerse para soliviar diversos peligros naturales o sociales, para evitar la competencia con otros o para buscar condiciones más favorables. El pastoreo también puede concebirse como una estrategia basada en factores sociales y ecológicos relacionados con la incertidumbre y la variabilidad de la precipitación, y la reducida e impredecible productividad de los ecosistemas terrestres.

**Peligro (hazard)**

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 el presente informe, el término peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este.

**Percepción del riesgo (risk perception)**

Juicio subjetivo que hacen las personas sobre las características y la gravedad de los riesgos.

**Período de retorno (return period)**

Estimación del intervalo de tiempo medio transcurrido entre distintos sucesos de un fenómeno (p. ej. una inundación o lluvias extremas) de (o mayores/menores de) un tamaño o intensidad definidos. Véase también Valor de retorno.

**Permafrost (permafrost)**

Terreno (suelo o roca, junto con el hielo y la materia orgánica que contienen) que permanece a un máximo de 0°C durante al menos dos años consecutivos.

**Plataforma de hielo (ice shelf)**

Plancha de hielo flotante de espesor considerable que se extiende a partir de la costa (generalmente de gran extensión, y con una superficie muy levemente inclinada), que suele ocupar los entrantes costeros de los mantes de hielo. Casi todas las plataformas de hielo se encuentran en la Antártida, donde la mayor parte del hielo vertido al mar desemboca en ese tipo de formaciones.

**Poblaciones desfavorecidas (disadvantaged populations)**

Sectores de una sociedad que están marginados, generalmente debido a la baja condición socioeconómica, bajos ingresos, falta de acceso a servicios básicos como los de salud o educación, falta de poder, raza, género, religión o poco acceso a las tecnologías de la comunicación.

**Pobreza (poverty)**

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) y/o relaciones sociales (como clase social, dependencia, exclusión, falta de seguridad básica o ausencia de derechos).

**Política de bajo riesgo (low regrets policy)**

Política que generaría beneficios sociales y/o económicos netos en el escenario climático actual y en diversos escenarios futuros de cambio climático.

**Predicción climática (climate prediction)**

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 escalas de tiempo estacionales, interanuales o decenales. 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 (predictability)**

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 inherentemente 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 (AMS, 2000).

**Preindustrial (pre-industrial)**

Véase Revolución industrial.

**Probabilidad (likelihood)**

Posibilidad de que ocurra un determinado evento, siempre que sea posible estimarla por métodos probabilísticos. La probabilidad se expresa en este informe mediante una terminología estándar (Mastrandrea y otros, 2010) definida en el recuadro 1.1. Véanse también Confianza e Incertidumbre.

**Proceso ecofisiológico (ecophysiological process)**

Proceso en el que los distintos organismos responden de forma continua a la variabilidad o el cambio en el medio ambiente, y en particular al cambio climático, generalmente a una escala microscópica o suborgánica. Los mecanismos ecofisiológicos determinan la tolerancia de los organismos al estrés medioambiental, y abarcan una gran diversidad de respuestas que conforman la tolerancia absoluta de los individuos a las condiciones medioambientales. Las respuestas ecofisiológicas pueden operar también a mayor escala, en cuyo caso controlan el ámbito geográfico de las especies.

**Pronóstico (forecast)**

Véanse Predicción climática y Proyección climática.

**Protección social (social protection)**

En el contexto de la ayuda al desarrollo y la política climática, la protección social generalmente describe las iniciativas públicas y privadas que ofrecen transferencias de ingresos o consumo a los pobres, protegen a las personas vulnerables contra los riesgos sobre los medios de subsistencia, y mejoran el estatus social y los derechos de los marginados, con el objetivo general de reducir la vulnerabilidad económica y social de los grupos pobres, vulnerables y marginados (Devereux y Sabates-Wheeler, 2004). En otros contextos, la protección social puede usarse como sinónimo de política social y describirse como todas las iniciativas públicas y privadas que ofrecen acceso a servicios, como la salud, la educación o la vivienda, o transferencias de ingresos y consumo a las personas. Las políticas de protección social protegen a las personas pobres y vulnerables contra los riesgos sobre los medios de subsistencia y mejoran el estatus social y los derechos de los marginados, y evitan que las personas vulnerables caigan en la pobreza.

**Proyección (projection)**

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 (climate projection)**

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 (indigenous peoples)**

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 ellos. 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.<sup>10</sup>

#### **Punto crítico (tipping point)**

Nivel de cambio en las propiedades de los sistemas más allá del cual el sistema se reorganiza, generalmente de forma abrupta, y no vuelve al estado inicial incluso aunque se reduzca el efecto de los causantes del cambio.<sup>11</sup>

#### **Rango diario de temperatura (diurnal temperature range)**

Diferencia entre la temperatura máxima y mínima a lo largo de un período de 24 horas.

#### **Reanálisis (reanalysis)**

Estimaciones de la temperatura atmosférica y el viento o de la temperatura oceanográfica y las corrientes y de otras magnitudes en el pasado, basadas en el procesamiento de datos meteorológicos u oceanográficos referentes a períodos anteriores mediante determinados modelos avanzados de predicción del tiempo o de la circulación oceánica con técnicas de asimilación de datos. La utilización de técnicas fijas de asimilación de datos evita los efectos provocados por los cambios de método de análisis en los análisis operacionales. Aunque la continuidad ha mejorado, los reanálisis globales siguen adoleciendo de una cobertura variable y de sesgos en los sistemas de observación.

#### **Recarga de aguas subterráneas (groundwater recharge)**

Proceso en virtud del cual se añade agua del exterior a la zona de saturación de un acuífero, incorporándose directamente en una formación geológica que retiene el agua, o indirectamente a través de otra formación.

<sup>10</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en Cobo (1987) y en anteriores informes del IPCC.

<sup>11</sup> En el glosario de la contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación se define punto crítico en el contexto del clima: "En el clima, umbral crítico hipotético en el que el clima global o regional cambia de un estado estable a otro estado estable. Los episodios de punto crítico pueden ser irreversibles".

<sup>12</sup> Esta entrada del glosario se basa en la definición utilizada en la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) (2003).

#### **Reducción de escala (downscaling)**

Método consistente en extraer información de escalas local a regional (de 10 a 100 km) de modelos o análisis de datos a mayor escala. Existen básicamente dos métodos: dinámico, y empírico/estadístico. El método dinámico está basado en los resultados de modelos climáticos regionales, de modelos globales con resolución espacial variable o de modelos globales de alta resolución. El método empírico/estadístico está basado en el desarrollo de relaciones estadísticas que vinculen las variables atmosféricas de gran escala con las variables climáticas de escala local/regional. En todos los casos, la calidad del modelo utilizado sigue siendo una importante limitación en la calidad de la información a escalas reducidas.

#### **Reducción de riesgos de desastre (disaster risk reduction (DRR))**

Designa tanto una meta o un objetivo de políticas como las medidas estratégicas y auxiliares empleadas para prever el riesgo de futuros desastres, reducir la exposición, el peligro y la vulnerabilidad actuales, y aumentar la resiliencia.

#### **Reflexividad (reflexivity)**

Atributo de los sistemas donde causa y efecto forman un bucle de retroalimentación en el que el efecto provoca cambios en el propio sistema. Los sistemas autoadaptables como las sociedades son inherentemente reflexivos, al igual que los cambios planificados en sistemas complejos. La adopción de decisiones reflexiva en los sistemas sociales tiene posibilidades de cambiar los valores de base que conducen a esas decisiones. La reflexividad también constituye un aspecto importante de la gestión adaptativa.

#### **Reforestación (reforestation)**

Plantación de bosques en tierras que ya habían contenido bosque pero que habían sido destinadas a otro uso. El término bosque y otros términos de naturaleza similar, como *forestación*, *reforestación* y *deforestación*, aparecen explicados en el Informe especial del IPCC sobre uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (IPCC, 2000). Véase también el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003).

#### **Régimen de perturbación (disturbance regime)**

Frecuencia, intensidad y tipo de perturbación de los sistemas ecológicos; por ejemplo, incendios, plagas de insectos o brotes de plagas, inundaciones, o sequías.

#### **Región de afloramiento (upwelling region)**

Región de un océano en que las aguas frías y, por lo general, ricas en nutrientes del fondo del océano afloran a la superficie.

#### **Renta (income)**

Monto máximo que un hogar, u otra unidad, puede consumir sin reducir su valor neto real. La renta total es la medida más amplia de renta y hace referencia a ingresos ordinarios como sueldos y salarios, renta derivada del trabajo por cuenta propia, intereses y dividendos de los fondos invertidos, pensiones u otras prestaciones del seguro social y otras transferencias corrientes por cobrar.<sup>12</sup>

### **Resiliencia (resilience)**

Capacidad de un sistema socioecológico de afrontar un suceso o perturbación peligroso 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 (Consejo Ártico, 2013).<sup>13</sup>

### **Retroalimentación (feedback)**

Véase Retroalimentación climática.

### **Retroalimentación climática (climate feedback)**

Interacción en la que una perturbación en una magnitud climática causa un cambio en una segunda magnitud, y el cambio en esta conduce en última instancia a un cambio añadido en la primera magnitud. Se experimenta una retroalimentación negativa cuando la perturbación inicial se debilita por los cambios que esta provoca; y se experimenta una positiva, cuando se amplifica por los cambios que provoca. En el presente Informe de Evaluación, generalmente se utiliza una definición un poco más restringida en la que la magnitud climática que se perturba es la temperatura media global en superficie, que a su vez provoca cambios en el balance de radiación global. En cualquier caso, la perturbación inicial puede forzarse de forma externa o bien originarse como parte de la variabilidad interna.

### **Revolución industrial (Industrial Revolution)**

Período de rápido crecimiento industrial, con consecuencias sociales y económicas de gran alcance, que comenzó en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XVIII, extendiéndose después a Europa y, posteriormente, a otros países, entre ellos Estados Unidos. El invento de la máquina de vapor fue uno de sus principales desencadenantes. La revolución industrial señala el comienzo de un fuerte aumento de la utilización de combustibles de origen fósil y de las emisiones, particularmente de dióxido de carbono de origen fósil. En el presente informe, los términos *preindustrial* e *industrial* designan, un tanto arbitrariamente, los períodos anterior y posterior a 1750, respectivamente.

### **Riesgo (risk)**

Potencial de consecuencias en que algo de valor humano (incluidos los propios humanos) está en peligro con un desenlace incierto.<sup>14</sup> A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por las consecuencias en caso de que ocurran tales sucesos. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro. En el presente informe, el término *riesgo* se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático.

### **Riesgo de desastre (disaster risk)**

Probabilidad de que ocurra un desastre en un determinado plazo de tiempo. Véase Desastre.

### **Riesgo emergente (emergent risk)**

Riesgo que surge de la interacción de fenómenos en un sistema complejo, por ejemplo el riesgo causado cuando los cambios geográficos de la población humana en respuesta al cambio climático conducen a

una mayor vulnerabilidad y exposición de las poblaciones de la región de acogida.

### **Sector informal (informal sector)**

Empresas comerciales (en su mayoría pequeñas) que no están registradas o quedan fuera del marco de las normas o reglamentaciones oficiales. Entre los negocios que componen el sector informal, existe una gran diversidad en el valor de los bienes o servicios producidos, el número de personas empleadas, el alcance de la ilegalidad y la conexión con el sector formal. Muchas empresas informales poseen características del sector formal y hay personas empleadas de modo informal en el sector formal por falta de protección legal o prestaciones de empleo.

### **Secuestro de carbono (carbon sequestration)**

Véase Incorporación.

### **Seguridad alimentaria (food security)**

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.<sup>15</sup> Véase también Acceso a los alimentos.

### **Seguridad humana (human security)**

Condición que se cumple cuando está protegida la esencia vital de la vida humana, y cuando las personas tienen libertad y capacidad para vivir con dignidad. En el contexto del cambio climático, la esencia vital de la vida humana comprende los elementos materiales y no materiales, universales y específicos de la cultura, necesarios para que las personas actúen en su propio interés y vivan con dignidad.

### **Seguro/reaseguro (insurance/reinsurance)**

Familia de instrumentos financieros destinados a compartir y transferir riesgo entre un conjunto de hogares, empresas y/o gobiernos en situación de riesgo. Véase también Transferencia del riesgo.

### **Sensibilidad (sensitivity)**

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).

### **Sensibilidad climática (Climate sensitivity)**

En los informes del IPCC, la *sensibilidad climática en equilibrio* (unidades: °C) denota el cambio en condiciones de equilibrio (estado constante) de la temperatura media global en superficie por efecto de una duplicación de la concentración de dióxido de carbono-equivalente atmosférica. Debido a ciertas limitaciones de orden computacional, la sensibilidad climática en equilibrio de un modelo climático suele estimarse ejecutando un modelo de circulación general atmosférica acoplado a un modelo oceánico de capa mixta, ya que la sensibilidad climática en equilibrio está en gran parte determinada por los procesos

<sup>13</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en Consejo Ártico (2013).

<sup>14</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en Rosa (1998) y Rosa (2003).

<sup>15</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en la FAO (2000) y en anteriores informes del IPCC.

atmosféricos. Pueden utilizarse modelos eficientes conducentes a condiciones de equilibrio con un océano dinámico. El *parámetro de sensibilidad climática* (unidades: °C ( $\text{W m}^{-2}$ )<sup>-1</sup>) denota el cambio de equilibrio de la temperatura media global anual en superficie de resultas de un cambio unitario de forzamiento radiativo.

La *sensibilidad climática efectiva* (unidades: °C) es una estimación de la respuesta de la temperatura media global en superficie a la duplicación de la concentración de dióxido de carbono que se evalúa a partir de resultados de modelos o de observaciones para evolucionar hacia condiciones de desequilibrio. Es un indicador de la intensidad de las retroalimentaciones climáticas en un instante dado, y puede variar en función de la historia del forzamiento y del estado climático, y, por consiguiente, puede diferir de la sensibilidad climática en equilibrio.

La *respuesta climática transitoria* (unidades: °C) es la variación de la temperatura media global en superficie promediada a lo largo de un período de 20 años, centrada en el instante de duplicación del dióxido de carbono atmosférico, en una simulación de un modelo climático en el que el CO<sub>2</sub> registra un incremento de un 1% anual. Denota la magnitud y rapidez de la respuesta de la temperatura en superficie al forzamiento por gases de efecto invernadero.

### **Sequía (drought)**

Período de condiciones anormalmente secas durante un tiempo suficiente para causar un desequilibrio hidrológico grave. El término sequía es relativo y, por tanto, ningún examen sobre déficit de precipitaciones debe referirse a la particular actividad conexa a las precipitaciones objeto de examen. Por ejemplo, la escasez de precipitaciones durante el período 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 a los aportes hídricos (sequía hidrológica). La humedad y las aguas subterráneas almacenadas por el suelo también resultan afectadas por los aumentos en la evapotranspiración real y por las disminuciones en la precipitación. Todo período con déficit anormal de precipitación se define como sequía meteorológica. Las megasequías son sequías prolongadas y extensas, que duran mucho más de lo normal, generalmente un decenio o más. Para los índices correspondientes, véase GTI IE5 recuadro 2.4.

### **Servicios ecosistémicos (ecosystem services)**

Procesos o funciones ecológicos que tienen un valor, monetario o no, para los individuos o para la sociedad en general. Generalmente se clasifican en: 1) servicios de apoyo, por ejemplo mantenimiento de la productividad o la biodiversidad; 2) servicios de aprovisionamiento, por ejemplo de alimentos, fibra o pescado; 3) servicios de regulación, por ejemplo regulación del clima o secuestro de carbono; y 4) servicios culturales, como el turismo, o el disfrute espiritual o estético.

### **Servicios medioambientales (environmental services)**

Véase Servicios ecosistémicos.

### **Sistema climático (climate system)**

Sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criósfera, litosfera y biosfera, y de las interac-

ciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropogénicos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo.

### **Sistema de alerta temprana (early warning system)**

Conjunto de capacidades que se necesitan para generar y difundir de forma oportuna y efectiva información destinada a permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por un peligro se preparen a actuar con prontitud y de forma adecuada a fin de reducir la posibilidad de que se produzca un daño o una pérdida.<sup>16</sup>

### **Sistema de alimentación (food system)**

Comprende el conjunto de actividades y actores de la cadena de alimentación (p.ej. producción, procesamiento y empaquetado, almacenamiento y transporte, comercio y comercio al por menor, y preparación y consumo de alimentos), y el resultado de esas actividades en relación con los tres componentes que forman la base de la seguridad alimentaria (esto es, acceso a los alimentos, utilización de los alimentos y disponibilidad de alimentos), que deben ser estables a lo largo del tiempo. Por consiguiente, la seguridad alimentaria se sustenta por los sistemas de alimentación y es una nueva propiedad del comportamiento del conjunto del sistema de alimentación. Se origina inseguridad alimentaria cuando se somete a tensión algún aspecto del sistema de alimentación.

### **Sistema humano (human system)**

Todo sistema en el que las organizaciones e instituciones humanas desempeñan un papel de primer orden. Frecuentemente, aunque no siempre, es sinónimo de sociedad o de sistema social. Los sistemas como los agrícolas, políticos, tecnológicos y económicos son sistemas humanos en el sentido adoptado en el presente informe.

### **Sostenibilidad (sustainability)**

Proceso dinámico que garantiza la persistencia de los sistemas naturales y humanos de forma equitativa.

### **Sucesos hipóticos (hypoxic events)**

Sucesos que conducen a deficiencias de oxígeno en los cuerpos de agua. Véanse también Zonas muertas y Eutrofización.

### **Sumidero (sink)**

Todo proceso, actividad o mecanismo que sustrae de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de cualquiera de ellos.

### **Temperatura del aire en la superficie terrestre (land surface air temperature)**

Temperatura del aire medida en pantallas bien ventiladas, sobre la superficie terrestre, a 1,5 m de altura sobre el terreno.

### **Temperatura en superficie (surface temperature)**

Farming Véanse Temperatura media global en superficie, Temperatura del aire en la superficie terrestre y Temperatura superficial del mar.

<sup>16</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en la UNISDR (2009) y en el IPCC (2012a).

### Temperatura media global en superficie (global mean surface temperature)

Estimación de la temperatura media global del aire en la superficie. Para las variaciones a lo largo del tiempo, sin embargo, se utilizan únicamente las anomalías (p. ej., las desviaciones respecto de la climatología), generalmente en forma de promedio global ponderado en área de la anomalía de temperatura superficial del mar y de la anomalía de temperatura del aire en la superficie terrestre.

### Temperatura superficial del mar (TSM) (sea surface temperature (SST))

Temperatura mísica de los primeros metros de espesor de la superficie del océano medida mediante buques, boyas o embarcaciones. A partir de los años 40, las mediciones dejaron de efectuarse mediante cubos de agua, que fueron sustituidos por muestras de la toma de agua del motor. Se efectúan también mediciones satelitales de la temperatura epidémica (es decir, de una fracción de milímetro de espesor superficial) en el espectro infrarrojo, o de un centímetro de espesor superficial en microondas, aunque hay que ajustarlas para que sean compatibles con la temperatura mísica.

### Termoclina (thermocline)

Capa del océano en la que el gradiente vertical de temperatura es máximo, situada entre la superficie del océano y la región abisal. En las regiones subtropicales, suele provenir de aguas superficiales de latitudes más altas que han experimentado un proceso de subducción y han sido empujadas hacia el ecuador. En latitudes altas no siempre hay termoclinas, y en tales casos se utilizan las haloclinas, que son las capas en que el gradiente vertical de salinidad es máximo.

### Trampa de la pobreza (poverty trap)

Concepto que se entiende de forma diferente según las disciplinas. En las ciencias sociales describe, principalmente en los planos individual, familiar o comunitario, una situación en la que escapar de la pobreza resulta imposible debido a que los recursos disponibles son improductivos o inflexibles. La trampa de la pobreza también puede considerarse como un umbral crítico de activos mínimos por debajo del cual las familias no son capaces de educar con éxito a sus hijos, crear sus propios activos productivos y salir de la pobreza. La pobreza extrema es por sí misma una trampa de la pobreza, puesto que las personas pobres carecen de los medios para participar de forma significativa en la sociedad. En las ciencias económicas, la expresión trampa de la pobreza se utiliza a menudo a escalas nacionales en referencia a una condición, que se autoperpetúa, en la que una economía, atrapada en un círculo vicioso, sufre un subdesarrollo persistente (Matsuyama, 2008). Existen muchos modelos propuestos de trampas de la pobreza en la bibliografía.

### Transferencia del riesgo (risk transfer)

Práctica de traspasar formal o informalmente, de una parte a otra, el riesgo de consecuencias financieras respecto de sucesos muy negativos.

### Transformación (transformation)

Cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos.

### Trayectoria de tormentas (storm tracks)

Originalmente denotaba la trayectoria de un determinado sistema atmosférico ciclónico, pero en la actualidad suele designar, en términos más ge-

nerales, la principal región barrida por la trayectoria de una perturbación extratropical descrita en términos de sistemas de baja presión (ciclónicos) y de alta presión (anticiclónicos).

### Trayectorias de concentración representativas (RCP) (Representative Concentration Pathways (RCP))

Escenarios que abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero y aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre (Moss y otros, 2008). La palabra *representativa* significa que cada trayectoria de representación ofrece uno de los muchos posibles escenarios que conducirían a las características específicas de forzamiento radiativo. La palabra *trayectoria* hace hincapié en que únicamente son de interés los niveles de concentración a largo plazo, pero también indica el camino seguido a lo largo del tiempo para llegar al resultado en cuestión (Moss y otros, 2010).

Las trayectorias de concentración representativas generalmente hacen referencia a la parte de la trayectoria de concentración hasta el año 2100, para las cuales los modelos de evaluación integrados han producido los correspondientes escenarios de emisión. Las *trayectorias de concentración ampliadas* describen ampliaciones de las trayectorias de concentración representativas entre 2100 y 2500 calculadas utilizando normas sencillas generadas a partir de las consultas con las partes interesadas y no representan escenarios plenamente coherentes.

En el presente Informe de Evaluación del IPCC se han seleccionado de la literatura publicada las siguientes cuatro trayectorias de concentración representativas elaboradas a partir de modelos de evaluación integrados como base para las predicciones climáticas y las proyecciones climáticas presentadas en GTI IE5 capítulos 11 a 14:

**RCP2,6** Trayectoria en la que el forzamiento radiativo alcanza el valor máximo a aproximadamente  $3 \text{ W m}^{-2}$  antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100).

**RCP4,5 y RCP6,0** Dos trayectorias de estabilización intermedias en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza a aproximadamente  $4,5 \text{ W m}^{-2}$  y  $6 \text{ W m}^{-2}$  después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las concentraciones después de 2150);

**RCP8,5** Trayectoria alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza valores superiores a  $8,5 \text{ W m}^{-2}$  en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempo (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que sean constantes las emisiones después de 2100 y sean constantes las concentraciones después de 2250);

Para una descripción más detallada de futuros escenarios, véase GTI IE5 recuadro 1.2.

### Trayectorias resilientes al clima (climate-resilient pathways)

Procesos iterativos para gestionar el cambio en sistemas complejos con el fin de reducir las perturbaciones y mejorar las oportunidades conexas al cambio climático.

**Troposfera (troposphere)**

Parte inferior de la atmósfera, comprendida entre la superficie y unos 10 km de altitud en latitudes medias (variando, en promedio, entre 9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos), donde se encuentran las nubes y se producen los fenómenos meteorológicos. En la troposfera, las temperaturas suelen disminuir con la altura. Véase también Estratosfera.

**Tsunami (tsunami)**

Ola o tren de olas producido por una perturbación como un terremoto submarino que provoca un desplazamiento del suelo marino, un deslizamiento de tierra, una erupción volcánica o el impacto de un asteroide.

**Tundra (tundra)**

Bioma sin árboles característico de regiones polares y alpinas.

**Último Máximo Glacial (UMG) (Last Glacial Maximum (LGM))**

Período de máxima extensión de los glaciares y mantos de hielo durante la última edad de hielo, hace aproximadamente 21 000 años. Este período ha sido ampliamente estudiado, dado que los forzamientos radiativos y las condiciones de contorno son relativamente bien conocidos.

**Uso del suelo y cambio de uso del suelo (land use and Land use change)**

El término *uso del suelo* denota el 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, y extracción y conservación de madera). Un cambio de uso del suelo es un cambio del uso o gestión del suelo por los seres humanos, que puede originar una modificación de la cubierta de tierra. 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 y/u otros efectos sobre el clima, a nivel local o global. Véase también el informe del IPCC sobre uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (IPCC, 2000).

**Valor de retorno (return value)**

Valor más alto (o más bajo) alcanzado por una determinada variable una vez, en promedio, cada cierto período de tiempo (p. ej., 10 años). Véase también Período de retorno.

**Variabilidad climática (climate variability)**

Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, episodios 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 antropógeno (variabilidad externa). Véase también Cambio climático.

**Velocidad climática (climate velocity)**

Velocidad a la que viajan las isolíneas de una variable climática específica a través de paisajes terrestres o marinos debido al cambio

climático. Por ejemplo, la velocidad climática para la temperatura es la velocidad a la que se mueven las isotermas debido al clima cambiante ( $\text{km año}^{-1}$ ) y se calcula como la variación temporal de la temperatura ( $^{\circ}\text{C año}^{-1}$ ) dividida por el gradiente espacial actual de la temperatura ( $^{\circ}\text{C km}^{-1}$ ). Se puede calcular utilizando variables climáticas adicionales tales como la precipitación o se puede basar en el nicho climático de los organismos.

**Vulnerabilidad<sup>17</sup> (vulnerability)**

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. Véanse también Vulnerabilidad contextual y Vulnerabilidad del resultado.

**Vulnerabilidad clave, riesgo clave, impacto clave (key vulnerability, key risk, key impact)**

Vulnerabilidad, riesgo o impacto al que se refiere la definición y el concepto de “interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático” en la terminología de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 2, y que merece particular atención por parte de los responsables de políticas en ese contexto.

Los riesgos clave son consecuencias adversas potencialmente graves para los sistemas humanos y socioecológicos debido a la interacción de peligros relacionados con el clima con vulnerabilidades de las sociedades y los sistemas expuestos. Los riesgos se consideran “clave” por una peligrosidad alta o por una vulnerabilidad alta de las sociedades y los sistemas expuestos, o por ambos.

Las vulnerabilidades se consideran “clave” si tienen potencial para combinarse con sucesos o tendencias peligrosas de los que se deriven riesgos clave. Las vulnerabilidades que tienen poca influencia en el riesgo relacionado con el clima, por ejemplo, debido a falta de exposición a los peligros, no se consideran clave.

Los impactos clave generan consecuencias graves para los sistemas humanos y socioecológicos.

**Vulnerabilidad contextual (vulnerabilidad de partida) (contextual vulnerability (starting-point vulnerability))**

Incapacidad actual para afrontar las presiones externas o los cambios, como las condiciones de clima cambiante. La vulnerabilidad contextual es una característica de los sistemas sociales y ecológicos generada por múltiples factores y procesos (O’Brien y otros, 2007).

**Vulnerabilidad resultante (vulnerabilidad final) (outcome vulnerability (end-point vulnerability))**

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 (Kelly y Adger, 2000; O’Brien et al., 2007).

<sup>17</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en la UNISDR (2009) y en el IPCC (2012a).

### Zona árida (arid zone)

Zonas donde el crecimiento de la vegetación está muy limitado debido a la reducida disponibilidad de agua. En su mayor parte, la vegetación autóctona de las zonas áridas es escasa. Existe una alta variabilidad de las precipitaciones, con promedios anuales inferiores a 300 mm. Es necesario regar los cultivos agrícolas de las zonas áridas.

### Zona crítica (hotspot)

Zona geográfica caracterizada por gran vulnerabilidad y exposición al cambio climático.

### Zona de oxígeno mínimo (oxygen minimum zone (OMZ))

Capa intermedia (200-1000 m) en alta mar con la menor saturación de oxígeno del océano. El grado de agotamiento de oxígeno depende del gran consumo bacteriano de materia orgánica. La distribución de la zona de oxígeno mínimo depende de la circulación oceánica a gran escala. En las áreas oceánicas costeras, la zona de oxígeno mínimo se extiende hasta la plataforma y también puede afectar a los ecosistemas bentónicos.

### Zona semiárida (semi-arid zone)

Zona donde el crecimiento de la vegetación está constreñido por la reducida disponibilidad de agua, a menudo con estaciones vegetativas cortas y una alta variación interanual en la producción primaria. La precipitación anual varía entre 300 y 800 mm, en función de las lluvias estivales e invernales.

### Zonas muertas (death zones)

Zonas sumamente hipóxicas (esto es, con poco oxígeno) de los océanos y los lagos, originadas por aportes de nutrientes excesivos provenientes de las actividades humanas junto con otros factores que agotan el oxígeno necesario para el sustento de muchos organismos marinos de las aguas del fondo y cerca del fondo. Véanse también Eutrofización y Sucesos hipóticos.

### Zona de oxígeno mínimo (oxygen minimum zone (OMZ))

Capa intermedia (200-1000 m) en alta mar con la menor saturación de oxígeno del océano. El grado de agotamiento de oxígeno depende del gran consumo bacteriano de materia orgánica. La distribución de la zona de oxígeno mínimo depende de la circulación oceánica a gran escala. En las áreas oceánicas costeras, la zona de oxígeno mínimo se extiende hasta la plataforma y también puede afectar a los ecosistemas bentónicos.

## Bibliografía

**AMS**, 2000: *AMS Glossary of Meteorology*, segunda edición [Glickman, T.S. (ed.)]. American Meteorological Society (AMS), Boston, MA, Estados Unidos de América, <http://glossary.ametsoc.org/?s=A&p=1>.

**CDB**, 2000: *Decisión VI/6: Enfoques por ecosistemas*. Quinta reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica, 15 a 26 de mayo de 2000, Nairobi, Kenya, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), Montreal, QC, Canadá, [www.cbd.int/decision/cop/?id=7148](http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7148).

—, 2002: *Decisión VI/23: Especies exóticas que amenazan a los ecosistemas, los hábitats o las especies*. Sexta reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica, 7 a 19 de abril de 2002, La Haya, Países Bajos, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), Montreal, QC, Canadá, [www.cbd.int/decision/cop/?id=7197](http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7197).

—, 2009: *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Technical Series No. 41, Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), Montreal, QC, Canadá, 126 págs.

**CMMAD**, 1987: *Our Common Future*. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD), Oxford University Press, Oxford, Reino Unido, 300 págs.

**Cobo**, J.R.M., 1987: *Study of the Problem of Discrimination Against Indigenous Populations. Volume 5: Conclusions, Proposals and Recommendations*. Subcomisión de Prevención de Discriminaciones y Protección a las Minorías, Naciones Unidas, Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 46 págs.

**Consejo Ártico**, 2013: Glossary of terms. En: *Arctic Resilience Interim Report 2013*. Stockholm Environment Institute (SEI) y Stockholm Resilience Centre, Estocolmo, Suecia, pág. viii.

**Devereux**, S. y R. Sabates-Wheeler, 2004: *Transformative Social Protection*. IDS Working Paper 232, Institute of Development Studies (IDS), University of Sussex, Brighton, Reino Unido, 30 págs.

**EIRD**, 2009: *2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres (EIRD), Naciones Unidas, Ginebra, Suiza, 30 págs.

**EM**, 2005: Appendix D: Glossary. En: *Ecosystems and Human Well-being: Current States and Trends. Findings of the Condition and Trends Working Group*, vol. 1 [Hassan, R., R. Scholes, y N. Ash (eds.)]. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), Island Press, Washington, DC, Estados Unidos de América, págs. 893-900.

**FAO**, 2000: *State of Food Insecurity in the World 2000*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma, Italia, 31 págs.

**Hegerl**, G.C., O. Hoegh-Guldberg, G. Casassa, M.P. Hoerling, R.S. Kovats, C. Parmesan, D.W. Pierce, y P.A. Stott, 2010: Good practice guidance paper on detection and attribution related to anthropogenic climate change. En: *Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Detection and Attribution of Anthropogenic Climate Change* [Stocker, T.F., C.B. Field, D. Qin, V. Barros, G.-K. Plattner, M. Tignor, P.M. Midgley, y K.L. Ebi (eds.)]. Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo I del IPCC, Universidad de Berna, Berna, Suiza, 8 págs.

**Heywood**, V.H. (ed.), 1995: *The Global Biodiversity Assessment*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1152 págs.

**IPCC**, 1992: *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment* [Houghton, J.T., B.A. Callander, y S.K. Varney (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 116 págs.

—, 1996: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, y K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 572 págs.

—, 2000: *Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, y D.J. Dokken (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 377 págs.

—, 2001: *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, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 881 págs.

—, 2003: *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* [Penman, J., M. Gyartschy, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, y F. Wagner (eds.)]. The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japón, 32 págs.

- , 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* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, M. Marquis, K. Averyt, M.M.B. Tignor, H.L. Miller Jr., y Z. Chen (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 996 págs.
- , 2011: *Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Impacts of Ocean Acidification on Marine Biology and Ecosystems* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, K.J. Mach, G.-K. Plattner, M.D. Mastrandrea, M. Tignor, y K.L. Ebi (eds.)]. Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo II del IPCC, Carnegie Institution, Stanford, CA, Estados Unidos de América, 164 págs.
- , 2012a: *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, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 582 págs.
- , 2012b: *Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, C. Field, V. Barros, T.F. Stocker, Q. Dahe, J. Minx, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Schlömer, G. Hansen, y M. Mastrandrea (eds.)]. Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III del IPCC, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Alemania, 99 págs.
- Jagers, S.C. y J. Stripple, 2003:** Climate governance beyond the state. *Global Governance*, 9, 385-399.
- Kelly, P.M. y W.N. Adger, 2000:** Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Climatic Change*, 47, 325-352.
- Manning, M.R., M. Petit, D. Easterling, J. Murphy, A. Patwardhan, H.-H. Rogner, R. Swart, y G. Yohe (eds.), 2004:** *IPCC Workshop on Describing Scientific Uncertainties in Climate Change to Support Analysis of Risk of Options*. Workshop Report, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra, Suiza, 138 págs.
- Mastrandrea, M.D., C.B. Field, T.F. Stocker, O. Edenhofer, K.L. Ebi, D.J. Frame, H. Held, E. Kriegler, K.J. Mach, P.R. Matschoss, G.-K. Plattner, G.W. Yohe, y F.W. Zwiers, 2010:** *Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Publicado en línea en: [www.ipcc-wg2.gov/meetings/CGCs/index.html#UR](http://www.ipcc-wg2.gov/meetings/CGCs/index.html#UR).
- Matsuyama, K., 2008:** Poverty Traps. En: *The New Palgrave Dictionary of Economics, 2<sup>nd</sup> Edition* [Blume, L. y S. Durlauf (eds.)]. Palgrave Macmillan, Nueva York, NY, Estados Unidos de América, [www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008\\_P000332](http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_P000332).
- Moss, R., J.A. Edmonds, K.A. Hibbard, M.R. Manning, S.K. Rose, D.P. van Vuuren, T.R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G.A. Meehl, J.F.B. Mitchell, N. Nakicenović, K. Riahi, S.J. Smith, R.J. Stouffer, A.M. Thomson, J.P. Weyant, y T.J. Wilbanks, 2010:** The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747-756.
- Moss, R., M. Babiker, S. Brinkman, E. Calvo, T. Carter, J. Edmonds, I. Elgizouli, S. Emori, L. Erda, K. Hibbard, R. Jones, M. Kainuma, J. Kelleher, J.F. Lamarque, M. Manning, B. Matthews, J. Meehl, L. Meyer, J. Mitchell, N. Nakicenović, B. O'Neill, R. Pichs, K. Riahi, S. Rose, P. Runci, R. Stouffer, D. van Vuuren, J. Weyant, T. Wilbanks, J.-P. van Ypersele, y M. Zurek, 2008:** *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts and Response Strategies*. IPCC Expert Meeting Report, 19 a 21 de septiembre de 2007, Noordwijkerhout, Países Bajos, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra, Suiza, 132 págs.
- Moss, R. y S. Schneider, 2000:** Uncertainties in the IPCC TAR: recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting. En: *IPCC Supporting Material: Guidance Papers on Cross Cutting Issues in the Third Assessment Report of the IPCC* [Pachauri, R., T. Taniguchi, y K. Tanaka (eds.)]. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Ginebra, Suiza, págs. 33-51.
- Nakicenović, N. y R. Swart (eds.), 2000:** *Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 599 págs.
- O'Brien, K., S. Eriksen, L.P. Nygaard, y A. Schjolden, 2007:** Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*, 7, 7-88.
- OCDE, 2003:** *OECD Glossary of Statistical Terms*. Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), París, Francia, <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=1313>.
- Park, S.E., N.A. Marshall, E. Jakku, A.M. Dowd, S.M. Howden, E. Mendham, y A. Fleming, 2012:** Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation. *Global Environmental Change*, 22, 115-126.
- Rosa, E.A., 1998:** Metatheoretical foundations for post-normal risk. *Journal of Risk Research*, 1(1), 15-44.
- , E.A., 2003: The logical structure of the social amplification of risk framework (SARF): metatheoretical foundation and policy implications. En: *The Social Amplification of Risk* [Pidgeon, N., R.E. Kasperson, y P. Slovic (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, págs. 47-79.
- Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2001:** *The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (as amended in 2009)*. Secretaría del Convenio de Estocolmo, Châtelaine, Suiza, 63 págs.
- IUCN, 2000:** *IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused by Alien Invasive Species*. Preparado por la Comisión de Supervivencia de Especies, Grupo de Especialistas en Especies Invasoras, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), Aprobado por la 51<sup>a</sup> reunión del Consejo de la UICN, Gland, Suiza, 24 págs., <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/Rep-2000-052.pdf>.
- UNCCD, 1994:** *Article 1: Use of Terms*. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), París, Francia, [www.unccd.int/en/about-theconvention/Pages/Text-Part-I.aspx](http://www.unccd.int/en/about-theconvention/Pages/Text-Part-I.aspx).

