

ipcc

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

# CAMBIO CLIMÁTICO 2014

## *Informe de síntesis*



INFORME DEL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL  
DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO



OMM



PNUMA

# Cambio climático 2014

## Informe de síntesis

Editado por

---

### Equipo principal de redacción

Informe de síntesis  
IPCC

### Rajendra K. Pachauri

Presidente  
IPCC

### Leo Meyer

Jefe de la Unidad de apoyo técnico  
IPCC

### Equipo principal de redacción

Rajendra K. Pachauri (Presidente), Myles R. Allen (Reino Unido), Vicente R. Barros (Argentina), John Broome (Reino Unido), Wolfgang Cramer (Alemania/Francia), Renate Christ (Austria/OMM), John A. Church (Australia), Leon Clarke (Estados Unidos de América), Qin Dahe (China), Purnamita Dasgupta (India), Navroz K. Dubash (India), Ottmar Edenhofer (Alemania), Ismail Elgizouli (Sudán), Christopher B. Field (Estados Unidos de América), Piers Forster (Reino Unido), Pierre Friedlingstein (Reino Unido/Bélgica), Jan Fuglestvedt (Noruega), Luis Gómez-Echeverri (Colombia), Stephane Hallegatte (Francia/Banco Mundial), Gabriele Hegerl (Reino Unido/Alemania), Mark Howden (Australia), Kejun Jiang (China), Blanca Jiménez Cisneros (México/UNESCO), Vladimir Kattsov (Federación de Rusia), Hoesung Lee (República de Corea), Katharine J. Mach (Estados Unidos de América), Jochem Marotzke (Alemania), Michael D. Mastrandrea (Estados Unidos de América), Leo Meyer (Países Bajos), Jan Minx (Alemania), Yacob Mulugetta (Etiopía), Karen O'Brien (Noruega), Michael Oppenheimer (Estados Unidos de América), Joy J. Pereira (Malasia), Ramón Pichs-Madruga (Cuba), Gian-Kasper Plattner (Suiza), Hans-Otto Pörtner (Alemania), Scott B. Power (Australia), Benjamin Preston (Estados Unidos de América), N.H. Ravindranath (India), Andy Reisinger (Nueva Zelanda), Keywan Riahi (Austria), Matilde Rusticucci (Argentina), Robert Scholes (Sudáfrica), Kristin Seyboth (Estados Unidos de América), Youba Sokona (Mali), Robert Stavins (Estados Unidos de América), Thomas F. Stocker (Suiza), Petra Tschakert (Estados Unidos de América), Detlef van Vuuren (Países Bajos), Jean-Pascal van Ypersele (Bélgica)

### Unidad de apoyo técnico para el Informe de síntesis

Leo Meyer, Sander Brinkman, Line van Kesteren, Noémie Leprince-Ringuet, Fijke van Boxmeer

#### **Referencia del presente informe:**

IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

## GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2015

Primera publicación, 2015

ISBN 978-92-9169-343-6

Esta publicación es idéntica al informe aprobado (Resumen para responsables de políticas) y adoptado (informe más extenso) en la 40ª reunión del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) celebrada el 1 de noviembre de 2014 en Copenhague (Dinamarca), si bien incluye las revisiones editoriales y la fe de erratas corregidas antes de esta publicación. La fe de erratas previa a la publicación puede consultarse en: <http://www.ipcc.ch>.

Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos en los mapas no entrañan, de parte del IPCC, 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.

La mención de determinados productos o sociedades mercantiles no implica que el IPCC los favorezca o recomiende con preferencia a otros análogos que no se mencionan ni se anuncian.

El IPCC se reserva el derecho de publicación en forma impresa, electrónica o de otro tipo y en cualquier idioma. Pueden reproducirse pasajes breves de la presente publicación sin autorización siempre que se indique claramente la fuente completa. La correspondencia editorial, así como todas las solicitudes para publicar, reproducir o traducir la presente publicación parcial o totalmente deberán dirigirse al:

### IPCC

c/o Organización Meteorológica Mundial (OMM)

7bis, avenue de la Paix

Case postale 2300

CH 1211 Genève 2, Suiza

[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

Tel.: +41 22 730 8208

Fax: +41 22 730 8025

Correo electrónico: [IPCC-Sec@wmo.int](mailto:IPCC-Sec@wmo.int)

Portada: Diseño de Laura Biagioni, Secretaría del IPCC, OMM

### Fotografías



I - Glaciar Folgefonna en el altiplano de Sørkjorden, Noruega (60°03' N - 6°20' E).

© Yann Arthus-Bertrand / Altitude | [www.yannarthusbertrand.org](http://www.yannarthusbertrand.org) | [www.goodplanet.org](http://www.goodplanet.org)

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

III - Vista aérea de Shanghai (China). © Ocean/Corbis

# **Prólogo, prefacio y dedicatoria**



# Prólogo

En el Informe de síntesis se exponen e integran las conclusiones de las contribuciones de los tres Grupos de trabajo al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que es la evaluación del cambio climático más completa realizada hasta el momento por el IPCC: *Cambio Climático 2013: Bases físicas*; *Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*; y *Cambio Climático 2014: Mitigación del cambio climático*. El Informe de síntesis también incorpora las conclusiones de dos informes, el *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático* (2011) y el *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático* (2011).

El Informe de síntesis confirma que la influencia humana en el sistema climático es clara y va en aumento, y sus impactos se observan en todos los continentes y océanos. Muchos de los cambios observados desde la década de 1950 no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. El IPCC está hoy seguro con un 95% de certeza de que la actividad humana es actualmente la causa principal del calentamiento global. Además, el Informe de síntesis concluye que cuanto mayor sea la perturbación de la actividad humana sobre el clima, mayores serán los riesgos de impactos graves, generalizados e irreversibles en las personas y los ecosistemas, y más duraderos serán los cambios en todos los componentes del sistema climático. El Informe de síntesis destaca que disponemos de los medios para limitar el cambio climático y sus riesgos y de muchas soluciones que permiten el continuo desarrollo económico y humano. Sin embargo, para estabilizar el aumento de la temperatura por debajo de 2 °C respecto de los niveles preindustriales será necesario un cambio radical y urgente del *statu quo*. Además, cuanto más esperemos a actuar, mayores serán el costo y los desafíos tecnológicos, económicos, sociales e institucionales que enfrentaremos.

Sin duda, estas y otras conclusiones del Informe de síntesis han mejorado considerablemente nuestra comprensión de algunas de las cuestiones cruciales relativas al cambio climático: el papel de las emisiones de gases de efecto invernadero; la gravedad de los riesgos y los impactos potenciales, en particular para los países menos adelantados y las comunidades vulnerables, dada su limitada capacidad para afrontarlos; así como las opciones a nuestra disposición y los requisitos implícitos para garantizar que vamos a poder seguir afrontando los efectos del cambio climático. Como tal, el Informe de síntesis pide la atención urgente de los responsables políticos y los ciudadanos del mundo para abordar este desafío.

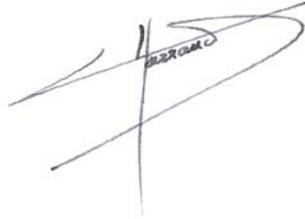
La publicación del Informe de síntesis, que se presentó el 2 de noviembre de 2014 en Copenhague, se realizó en un momento crucial. Los responsables de políticas se reunieron con ocasión del 20º período de sesiones de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que se celebró en diciembre de 2014 en Lima, con objeto de preparar el terreno para el 21º período de sesiones que tendrá lugar en París en 2015, cuando concertarán un nuevo acuerdo para hacer frente al cambio climático. Esperamos que las conclusiones científicas del Informe de síntesis proporcionen la motivación necesaria para la concertación de un acuerdo mundial que mantenga el cambio climático en niveles manejables, ya que el Informe de síntesis nos da el conocimiento para tomar decisiones con fundamento y mejora nuestra comprensión plena de los argumentos para pasar a la acción, así como de las graves consecuencias de la inacción. No se puede alegar ignorancia como excusa para la tergiversación.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es un organismo intergubernamental establecido conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988 que ha proporcionado a los responsables de políticas las evaluaciones científicas y técnicas más autorizadas y objetivas en ese ámbito. Desde 1990, esta serie de informes de evaluación, informes especiales, informes técnicos e informes metodológicos del IPCC y otros productos se han convertido en obras de referencia.

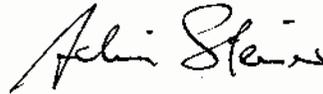
El Informe de síntesis pudo elaborarse gracias al trabajo voluntario, la dedicación y el compromiso de miles de expertos y científicos de todo el mundo, que representaban una amplia gama de opiniones y disciplinas. Estamos profundamente agradecidos a todos los miembros del Equipo principal de redacción y el Equipo ampliado de redacción y a los editores-revisores, quienes aceptaron con entusiasmo el gran desafío de elaborar un Informe de síntesis excepcional, al que se suman las otras tareas que ya se habían comprometido a realizar en el marco del Quinto Informe de Evaluación. Asimismo, nos gustaría dar las gracias al personal de la Unidad de apoyo técnico del Informe de síntesis y la Secretaría del IPCC por su dedicación en la preparación del presente informe del IPCC.

También queremos reconocer y agradecer a los gobiernos de los países miembros del IPCC su apoyo a los científicos en la elaboración del presente informe, así como sus contribuciones al Fondo Fiduciario del IPCC, que han permitido la participación de expertos de los países en desarrollo y de los países con economías en transición. Quisiéramos expresar nuestra gratitud al Gobierno de Valonia (Bélgica) por haber acogido la reunión exploratoria del Informe de síntesis, a los Gobiernos de Noruega, Países Bajos, Alemania y Malasia por haber acogido las reuniones de redacción, y al Gobierno de Dinamarca por haber acogido la cuadragésima reunión del IPCC en la que se aprobó el Informe. Expresamos nuestro sincero agradecimiento a los Gobiernos de Noruega y Países Bajos y al Korea Energy Economics Institute por su generosa ayuda financiera y agradecemos las contribuciones en especie de la Netherlands Environmental Assessment Agency (Países Bajos) y el Energy and Resources Institute de Nueva Delhi (India), que han permitido el buen funcionamiento de la Unidad de apoyo técnico del Informe de síntesis. Nuestro más profundo agradecimiento a todos ellos.

Nos gustaría, en particular, expresar nuestro agradecimiento al señor Rajendra K. Pachauri, Presidente del IPCC, por su capacidad de liderazgo y orientación constante en la elaboración del presente informe.



**Michel Jarraud**  
Secretario General  
Organización Meteorológica Mundial



**Achim Steiner**  
Director Ejecutivo  
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

# Prefacio

El Informe de síntesis constituye el producto final del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y se ha publicado con el título “Cambio Climático 2014”. En este informe se exponen, sintetizan e integran las principales conclusiones de las contribuciones de los tres Grupos de Trabajo –*Bases físicas; Impactos, adaptación y vulnerabilidad y Mitigación del cambio climático*– al Quinto Informe de Evaluación en un documento conciso destinado a los responsables de políticas gubernamentales, el sector privado y el público en general. El Informe de síntesis también se basa en las conclusiones de los dos Informes especiales publicados en 2011 sobre fuentes de energía renovable y mitigación del cambio climático, y sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Por lo tanto, el Informe de síntesis es una recopilación completa y actualizada de las evaluaciones relativas al cambio climático y se basa en la bibliografía científica, técnica y socioeconómica más reciente sobre el tema.

## Alcance del informe

El presente documento es el resultado de los esfuerzos coordinados y cuidadosamente interconectados de los grupos de trabajo que garantizan que la información sobre los diversos aspectos relacionados con el cambio climático es coherente y detallada. El Informe de síntesis comprende una evaluación y una valoración coherentes de las incertidumbres y los riesgos; un análisis económico integrado de costos; los aspectos regionales; los cambios, las repercusiones y las respuestas relacionadas con los sistemas hidrológicos y terrestres; el ciclo del carbono, en particular, la acidificación de los océanos, la criosfera y la elevación del nivel del mar; y la aplicación de las diferentes medidas de mitigación y adaptación en el marco del desarrollo sostenible. A lo largo de todo el Informe de síntesis también se facilita información correspondiente al artículo 2, que establece el objetivo primordial de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Entre otros aspectos del cambio climático que se tratan en el presente informe cabe destacar los impactos directos del cambio climático en los sistemas naturales y los efectos directos e indirectos sobre los sistemas humanos, como la salud humana, la seguridad alimentaria y la seguridad de las condiciones sociales. Al integrar los riesgos del cambio climático y las cuestiones relacionadas con la adaptación y mitigación en el marco del desarrollo sostenible, el Informe de síntesis también hace hincapié en el hecho de que casi todos los sistemas del planeta se verían afectados por el impacto del cambio climático, y que no es posible poner límites al cambio climático, sus riesgos e impactos conexos, por un lado, y al desarrollo que satisface las necesidades de la presente, por el otro, sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. El informe, por lo tanto, también se centra en las conexiones entre estos aspectos y ofrece información sobre cómo se solapa el cambio climático a otras cuestiones de desarrollo y se incorpora a las mismas.

## Estructura

El Informe comprende un Resumen para responsables de políticas (RRP) y un informe más largo del que se deriva dicho resumen, así como varios anexos. Si bien el Resumen mantiene la estructura y el orden del informe más extenso, algunas cuestiones específicas que se abordan en más de un tema de dicho informe se sintetizan en una sección específica correspondiente del Resumen. Cada párrafo del Resumen contiene referencias al texto correspondiente contenido en el informe más extenso y este, a su vez, contiene abundantes referencias a los capítulos respectivos de los informes de base de los Grupos de trabajo o los dos Informes especiales anteriormente mencionados. El Informe de síntesis es un documento autónomo y su Resumen para responsables de políticas incluye los materiales más pertinentes para las políticas extraídos del informe más extenso y del Quinto Informe de Evaluación en su conjunto.

Las tres contribuciones al Quinto Informe de Evaluación, incluidos los resúmenes para responsables de políticas, los resúmenes técnicos, las preguntas más frecuentes, así como el Informe de síntesis en todos los idiomas oficiales de las Naciones Unidas pueden consultarse en línea en el sitio web del IPCC y en formato electrónico fuera de línea. En estas versiones electrónicas del Informe de síntesis, las referencias a las partes correspondientes del material original se presentan como hipervínculos y permiten que el lector consulte fácilmente la información científica, técnica y socioeconómica. En los anexos al presente informe se incluye una guía de usuario, un glosario de términos y varias listas de siglas, autores, revisores-editores y revisores expertos.

Para facilitar el acceso a las conclusiones del Informe de síntesis al mayor número de lectores y mejorar su utilidad para las partes interesadas, cada sección del Resumen para responsables de políticas contiene una serie de afirmaciones principales destacadas. En su conjunto, estas 21 afirmaciones principales constituyen un resumen general expresado en un lenguaje claro y no técnico que facilita su comprensión por lectores muy diversos y han sido redactadas por los autores del Informe y aprobadas por los gobiernos miembros del IPCC.

El informe más extenso está estructurado en torno a los cuatro temas establecidos por el IPCC:

El tema 1, *Cambios observados y sus causas*, integra nueva información procedente de los tres Grupos de trabajo sobre los cambios observados en el sistema climático, en particular los cambios en la atmósfera, los océanos, la criosfera y el nivel del mar; los impulsores recientes y pasados y la influencia humana en los factores determinantes de las emisiones; los impactos observados, así como los cambios en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos; y la atribución de los cambios climáticos y sus impactos.

El tema 2, *Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos*, ofrece información sobre el cambio climático y sus riesgos e impactos futuros. Integra la información sobre los principales impulsores del clima futuro, la relación entre las emisiones acumuladas y los cambios de temperatura, y las proyecciones de cambios en el sistema climático en

el siglo XXI y posteriormente. Evalúa los riesgos y los impactos futuros causados por el cambio climático y las interacciones de los peligros relacionados con el clima entre otros. Ofrece información acerca de los cambios a largo plazo, en particular en la elevación del nivel del mar y la acidificación de los océanos, y el riesgo de cambios irreversibles y abruptos.

El tema 3, *Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible*, aborda las trayectorias futuras de adaptación y mitigación como estrategias complementarias para reducir y gestionar los riesgos del cambio climático y evalúa su interacción con el desarrollo sostenible. En él se describen los métodos analíticos para la adopción eficaz de decisiones y las diferencias entre los riesgos del cambio climático, la adaptación y la mitigación en términos de escalas temporales, magnitud y persistencia. Asimismo, se analizan las características de las trayectorias de adaptación y mitigación, y los retos, límites y beneficios asociados, en particular para los diferentes niveles de calentamiento del futuro.

El tema 4, *Adaptación y mitigación*, reúne información de los Grupos de trabajo II y III sobre las opciones específicas de adaptación y mitigación, incluidas las tecnologías y las infraestructuras ambientalmente racionales, la sostenibilidad de los medios de subsistencia, los comportamientos y los estilos de vida. En él se describen los factores facilitadores y las limitaciones más comunes, los enfoques de política y el apoyo financiero y tecnológico que condicionan la eficacia de las medidas de respuesta. Asimismo, se exponen las oportunidades de respuesta integrada y se vinculan la adaptación y la mitigación con otros objetivos sociales.

## Proceso

El Informe de síntesis del Quinto Informe de Evaluación del IPCC se ha elaborado siguiendo los procedimientos establecidos por el IPCC para garantizar que se invertía el esfuerzo y se aplicaba el rigor necesario en el proceso. La preparación del Quinto Informe de Evaluación se inició un año antes que en el caso del Cuarto Informe de Evaluación, mientras que se completaban los informes de los grupos de trabajo, con miras a mejorar la integración y asegurar la síntesis adecuada del mismo. En agosto de 2010 se celebró en Lieja (Bélgica) una reunión exploratoria dedicada específicamente a establecer el esquema detallado del Informe de síntesis, el cual fue aprobado por el Grupo en Busan (República de Corea) en octubre de 2010. El Presidente del IPCC, conforme a los procedimientos del IPCC y en consulta con los copresidentes de los Grupos de trabajo, designó a los autores del Equipo principal de redacción del Informe de síntesis y, en total, la Mesa del IPCC seleccionó a 45 miembros y 9 editores-revisores en marzo de 2012. Además, el Equipo principal de redacción, con la aprobación del Presidente del IPCC, seleccionó a 14 autores para el Equipo ampliado de redacción cuya contribución a los materiales y al texto del presente informe ha sido sustancial. Durante la elaboración de los contenidos del Informe de síntesis, se pidió a la Mesa del IPCC que aprobara la incorporación de 6 miembros al Equipo principal de redacción y de un editor-revisor más. Esto permitió mejorar y profundizar aún más los conocimientos necesarios para la preparación del Informe. El proyecto de informe final, que se había sometido al examen de diversos expertos y gobiernos,

se presentó a la 40ª reunión del IPCC, celebrada del 27 octubre al 1 de noviembre de 2014 en Copenhague (Dinamarca), donde los gobiernos aprobaron línea por línea el Resumen para responsables de políticas y adoptaron sección por sección el informe más extenso.

## Agradecimientos

Expresamos nuestra profunda gratitud a los miembros del Equipo principal de redacción y el Equipo ampliado de redacción por sus incesantes esfuerzos y conocimientos y su extraordinaria dedicación durante el proceso de elaboración del Informe de síntesis. El Informe de síntesis no se habría finalizado satisfactoriamente sin su ejemplar compromiso con la excelencia y la integridad ni su meticulosa atención a los detalles. También queremos agradecer a los editores-revisores su ayuda inestimable, que ha hecho posible que el Informe de síntesis ofrezca una evaluación equilibrada y completa de la información actual relativa al cambio climático. Su papel ha sido crucial para garantizar la transparencia de un proceso que enorgullece al IPCC. Expresamos nuestro agradecimiento también a todos los autores del Quinto Informe de Evaluación y los dos Informes especiales, ya que la elaboración del Informe de síntesis no habría sido posible sin su evaluación cuidadosa del vasto número de fuentes bibliográficas sobre diversos aspectos del cambio climático ni sus observaciones al proyecto de informe.

Durante la preparación del Quinto Informe de Evaluación nos beneficiamos enormemente de los conocimientos y la perspicacia de nuestros colegas al frente del IPCC, especialmente el doctor Thomas Stocker y el doctor Qin Dahe, copresidentes del Grupo de trabajo I; el doctor Chris Field y el doctor Vicente Barros, copresidentes del Grupo de trabajo II; y el doctor Ottmar Edenhofer, el doctor Ramón Pichs-Madruga y el doctor Youba Sokona, copresidentes del Grupo de trabajo III. Su cooperación en cuestiones relacionadas con los conocimientos de los informes de los tres Grupos de trabajo fue de gran ayuda para asegurar la alta calidad del documento final.

También queremos dar las gracias a Fredolin Tangang, David Wratt, Eduardo Calvo, José Moreno, Jim Skea y Suzana Kahn Ribeiro, quienes actuaron como editores-revisores durante la reunión de aprobación del Informe de síntesis y se aseguraron de que las modificaciones introducidas en el transcurso de la misma en el Resumen para responsables de políticas quedaran reflejadas correctamente en el informe más extenso. La importante labor realizada por los editores-revisores garantizó un alto grado de confianza entre los científicos y los gobiernos, lo que les permitió trabajar en simbiosis sin trabas, una característica que distingue al IPCC y refuerza su credibilidad.

Hacemos extensivo nuestro profundo agradecimiento por su entusiasmo, dedicación y contribuciones profesionales durante la reunión de aprobación del Informe de síntesis a Gian-Kasper Plattner, Melinda Tignor y Judith Boschung, de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo I; a Katie Mach y Eren Bilir, de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo II; a Ellie Farahani, Jussi Savolainen y Steffen Schlömer, de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo III; y a Gerrit Hansen, del Potsdam Institute for Climate Impact Research, que trabajaron como un equipo con la Unidad de apoyo técnico del Informe de síntesis. Cabe destacar el papel indispensable de esta en el resultado suma-

mente satisfactorio de la reunión. Queremos agradecer especialmente a Adrien Michel, de la Unidad de apoyo técnico del Grupo de trabajo I, su aportación a las figuras del Informe de síntesis.

Vaya también nuestro agradecimiento a Leo Meyer, Jefe de la Unidad de apoyo técnico del Informe de síntesis, y a los miembros de la Unidad de apoyo técnico Sander Brinkman, Line van Kesteren, Noemie Leprince-Ringuet y Fijke van Boxmeer por sus esfuerzos ímprobos en la colosal tarea de coordinar el desarrollo y la producción del Informe de síntesis. Todos ellos trabajaron de un modo incansable, demostrando su compromiso firme y plena dedicación, para elaborar un Informe de síntesis excepcional.

Nos gustaría reconocer la labor y las innumerables tareas realizadas en apoyo de la preparación, la publicación y la distribución del Informe por el personal de la Secretaría del IPCC: 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. También expresamos nuestro agradecimiento a Francis Hayes y Elhousseine Gouaini por actuar como oficiales de conferencias durante la reunión de aprobación.

Damos las gracias a los gobiernos miembros del IPCC (Bélgica, Noruega, Países Bajos, Alemania, Malasia y Dinamarca) que tuvieron la amabilidad de acoger la reunión exploratoria del Informe de síntesis, cuatro de las reuniones principales de redacción y la 40ª reunión del IPCC. Expresamos nuestro agradecimiento a los gobiernos, la OMM, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climá-

tico (CMNUCC) por sus contribuciones al Fondo fiduciario que apoyó diversos elementos del gasto. Deseamos dar las gracias en particular a los Gobiernos de Noruega y Países Bajos y al Korea Energy Economics Institute por su generosa ayuda financiera a la Unidad de apoyo técnico del Informe de síntesis, y a la Netherlands Environmental Assessment Agency (Países Bajos) y al Energy and Resources Institute de Nueva Delhi por su apoyo en especie a la Unidad de apoyo técnico del Informe de síntesis. Asimismo, agradecemos el apoyo de las organizaciones matrices del IPCC, el PNUMA y la OMM, en particular esta última, por acoger la Secretaría del IPCC y la primera reunión del Equipo principal de redacción. Queremos expresar nuestra profunda gratitud a la CMNUCC por su cooperación en las diferentes fases de este proyecto y por la notoriedad que le da a nuestro trabajo en los foros pertinentes.

R.K. Pachauri  
Presidente del IPCC

Renate Christ  
Secretaria del IPCC



## Dedicatoria



**Stephen H. Schneider**  
(11 de febrero de 1945 – 19 de julio de 2010)

El Informe de síntesis del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) está dedicado a la memoria de Stephen H. Schneider, uno de los climatólogos más destacados de nuestro tiempo.

Steve Schneider nació en Nueva York, se formó como físico del plasma y se especializó en la disciplina de la climatología hace casi 40 años. Creó nuevos conocimientos en este campo con infatigable esfuerzo e informó a las instancias normativas y al público en general sobre el problema cada vez más acuciante del cambio climático y las soluciones para hacerle frente. Steve Schneider siempre expresó sus opiniones con valentía y franqueza y defendió unas convicciones basadas en la solidez de sus conocimientos científicos. Fue muy respetado como editor fundador de la revista interdisciplinaria *Climatic Change* y autor de cientos de libros y artículos, muchos de los cuales escribió en colaboración con especialistas de diversas disciplinas científicas. Su relación con el IPCC comenzó con el Primer Informe de Evaluación, que se publicó en 1990 y que desempeñó un importante papel en el establecimiento de las bases científicas de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Posteriormente, fue autor principal, coordinador principal y revisor experto de diversos informes de evaluación y miembro del Equipo principal de redacción del Informe de síntesis del Cuarto Informe de Evaluación. Su vida y sus logros han inspirado y motivado a los miembros del Equipo principal de redacción del presente Informe. Los conocimientos de Steve Schneider eran una síntesis excepcional de varias disciplinas que conforman la diversidad inherente a la climatología.



# Índice

## Parte preliminar

Prólogo .....	v
Prefacio .....	vii
Dedicatoria .....	xi

## RRP

<b>Resumen para responsables de políticas .....</b>	<b>2</b>
RRP 1. Cambios observados y sus causas .....	2
RRP 2. Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos .....	8
RRP 3. Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible .....	17
RRP 4. Adaptación y mitigación .....	27

## Temas

<b>Introducción .....</b>	<b>37</b>
Recuadro de la introducción.1   Riesgo y gestión de un futuro incierto .....	38
Recuadro de la introducción.2   Comunicación del grado de certidumbre en las conclusiones de las evaluaciones ..	39
<b>Tema 1: Cambios observados y sus causas .....</b>	<b>41</b>
1.1 Cambios observados en el sistema climático .....	42
1.1.1 La atmósfera .....	42
1.1.2 Los océanos .....	42
1.1.3 La criosfera .....	44
1.1.4 El nivel del mar .....	44
Recuadro 1.1   Tendencias recientes de las temperaturas y sus consecuencias .....	45
1.2 Impulsores del cambio climático en el pasado y recientes .....	46
1.2.1 Forzamientos radiativos naturales y antropógenos .....	46
1.2.2 Actividades humanas que afectan a los impulsores de emisiones .....	47
1.3 Atribución de cambios climáticos e impactos .....	50
1.3.1 Atribución de cambios climáticos a las influencias humanas o naturales sobre el sistema climático ..	50
1.3.2 Impactos observados atribuidos al cambio climático .....	51
1.4 Episodios extremos .....	56
1.5 Exposición y vulnerabilidad .....	57
1.6 Respuestas humanas al cambio climático: adaptación y mitigación .....	57
<b>Tema 2: Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos .....</b>	<b>59</b>
2.1 Impulsores clave del clima futuro y fundamento de las proyecciones .....	60
Recuadro 2.1   Avances, confianza e incertidumbre en la modelación del sistema climático de la Tierra .....	60
Recuadro 2.2   Las trayectorias de concentración representativas .....	61

2.2	Cambios proyectados en el sistema climático.....	62
	Recuadro 2.3   Modelos y métodos para estimar los riesgos, la vulnerabilidad y los impactos relacionados con el cambio climático .....	62
2.2.1	Temperatura del aire.....	63
2.2.2	El ciclo del agua.....	64
2.2.3	El océano, la criosfera y el nivel del mar .....	66
2.2.4	El ciclo del carbono y la biogeoquímica.....	66
2.2.5	Respuestas del sistema climático.....	67
2.3	Futuros riesgos e impactos provocados por un clima cambiante.....	69
2.3.1	Los ecosistemas y sus servicios en los océanos, a lo largo de las costas, en tierra y en agua dulce.....	69
2.3.2	Los sistemas hídricos, alimentarios y urbanos, la salud y seguridad humana y los medios de subsistencia.....	72
	Recuadro 2.4   Motivos de preocupación en relación con el cambio climático .....	77
2.4	El cambio climático después de 2100, irreversibilidad y cambios abruptos.....	78
<b>Tema 3: Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible.....</b>		<b>81</b>
3.1	Bases para la toma de decisiones en materia de cambio climático .....	82
3.2	Riesgos del cambio climático reducidos mediante la adaptación y la mitigación .....	83
	Recuadro 3.1   Límites de la evaluación económica de los riesgos del cambio climático.....	85
3.3	Características de las trayectorias de adaptación .....	86
3.4	Características de las trayectorias de mitigación .....	87
	Recuadro 3.2   Métricas de los gases de efecto invernadero y trayectorias de mitigación.....	95
	Recuadro 3.3   Tecnologías de geoingeniería para la remoción del dióxido de carbono y la gestión de la radiación solar: posibles funciones, opciones, riesgos y situaciones .....	97
3.5	Interacción entre la mitigación, la adaptación y el desarrollo sostenible.....	98
	Recuadro 3.4   Cobeneficios y efectos colaterales adversos.....	99
<b>Tema 4: Adaptación y mitigación .....</b>		<b>101</b>
4.1	Factores propicios y limitaciones comunes de las respuestas de adaptación y mitigación.....	102
4.2	Opciones de respuesta de la adaptación .....	103
4.3	Opciones de respuesta de la mitigación .....	107
4.4	Enfoques de políticas para la adaptación y la mitigación, la tecnología y la financiación.....	111
4.4.1	Cooperación internacional y regional en materia de adaptación y mitigación .....	111
4.4.2	Políticas nacionales y subnacionales.....	116
4.4.3	Desarrollo y transferencia de tecnología.....	120
4.4.4	Inversión y financiación.....	120
4.5	Contrapartidas, sinergias y respuestas integradas.....	121

<b>Anexos</b> .....	123
I. Guía del usuario .....	125
II. Glosario .....	127
III. Siglas, símbolos químicos y unidades científicas .....	143
IV. Autores y revisores-editores .....	147
V. Revisores expertos .....	151
VI. Publicaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático .....	155

## Fuentes citadas en el presente Informe de síntesis

Las referencias incluidas en el presente Informe figuran entre llaves en cursiva {}, al final de cada párrafo.

En el Resumen para responsables de políticas, las referencias remiten a los números de las secciones, figuras, tablas y recuadros de la Introducción y Temas en que se ha basado el presente Informe.

En la Introducción y en los Temas del informe más extenso, las referencias remiten a las contribuciones de los Grupos de trabajo I, II y III (GTI, GTII y GTIII) al Quinto Informe de Evaluación, y a otros Informes del IPCC (entre llaves en cursiva) o a otras secciones del propio Informe de síntesis (entre paréntesis).

Se han utilizado las abreviaturas siguientes:

RRP: Resumen para responsables de políticas

RT: Resumen técnico

Los números denotan capítulos y secciones específicos de un informe.

Otros informes citados en el presente Informe de síntesis:

SREX: Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático

SRREN: Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático

IE4: Cuarto Informe de Evaluación

**Cambio climático 2014**  
**Informe de síntesis**  
**Resumen para**  
**responsables de políticas**

## Introducción

El presente Informe de síntesis está basado en los informes de los tres Grupos de trabajo (GT) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), incluidos los informes especiales pertinentes. Ofrece una panorámica completa del cambio climático, y constituye la parte final del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IE5).

Este resumen se ajusta a la estructura del informe más extenso que trata los siguientes temas: Cambios observados y sus causas; Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos; Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible; Adaptación y mitigación.

En este Informe de síntesis el grado de certeza en los resultados principales de la evaluación se indica como en los informes de los grupos de trabajo y los informes especiales. Se fundamenta en las evaluaciones realizadas por los equipos de redacción sobre los conocimientos científicos subyacentes y se expresa según un nivel de confianza cualitativo (que va de un *nivel muy bajo* a un *nivel muy alto*) y, cuando es posible, de acuerdo con un grado de probabilidad cuantificado (que va de *excepcionalmente improbable* a *prácticamente seguro*)<sup>1</sup>. Si procede, los resultados también se expresan en forma de afirmaciones de hechos sin utilizar calificadores de incertidumbre.

Este informe también contiene información relativa al artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

### RRP 1. Cambios observados y sus causas

**La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropógenas recientes de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales. {1}**

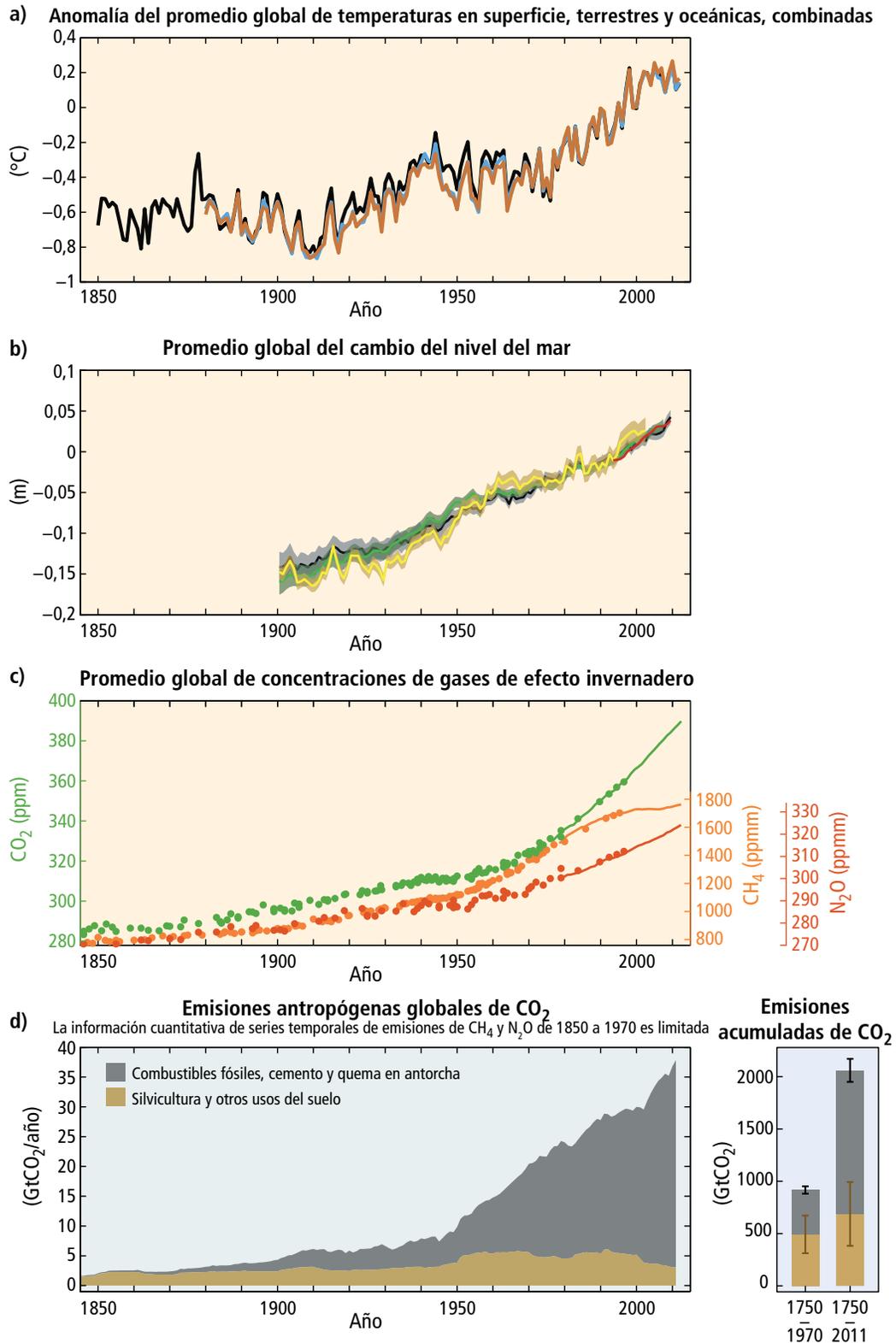
#### RRP 1.1 Cambios observados en el sistema climático

**El calentamiento en el sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado. {1.1}**

Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850. Es *probable* que el período 1983-2012 haya sido el período de 30 años más cálido de los últimos 1 400 años en el hemisferio norte, donde es posible realizar esa evaluación (*nivel de confianza medio*). Los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica, combinados y promediados globalmente, calculados a partir de una tendencia lineal, muestran un calentamiento de 0,85 [0,65 a 1,06] °C<sup>2</sup>, durante el período 1880-2012, para el que se han producido de forma independiente varios conjuntos de datos (figura RRP.1a). {1.1.1, figura 1.1}

<sup>1</sup> Cada conclusión se basa en una evaluación de la evidencia y el nivel de acuerdo subyacentes. En muchos casos, una síntesis de la evidencia y el nivel de acuerdo apoya la asignación del nivel de confianza. Los términos resumidos que se emplean para expresar la evidencia son: limitada, media o sólida. Y para expresar el nivel de acuerdo se emplean los términos bajo, medio o alto. El nivel de confianza se expresa mediante cinco calificativos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, y en cursiva, por ejemplo, *nivel de confianza medio*. Se han utilizado los siguientes términos para indicar el grado de probabilidad de un resultado o consecuencia: prácticamente seguro 99%-100%; muy probable 90%-100%; probable 66%-100%; tan probable como improbable 33%-66%; improbable 0%-33%, muy improbable 0%-10%, excepcionalmente improbable 0%-1%. Si procede, se pueden utilizar otros términos (sumamente probable 95%-100%, más probable que improbable >50%-100%, más improbable que probable 0%-<50%, sumamente improbable 0%-5%). La probabilidad resultante de la evaluación se expresa en cursiva, por ejemplo, *muy probable*. Para más información, consúltese: 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), Ginebra, Suiza, 4 págs.

<sup>2</sup> La probabilidad prevista de que un valor calculado esté dentro de un rango expresado mediante corchetes o mediante '±' es del 90%, a menos que se indique otra cosa.



**Figura RRP.1 | La compleja relación existente entre las observaciones (gráficos a, b y c, fondo amarillo-rosado) y las emisiones (gráfico d, fondo azul claro) se aborda en la sección 1.2 y en el tema 1.** Observaciones y otros indicadores de un sistema climático global cambiante. Observaciones: **a)** Anomalías del promedio anual y global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas respecto del promedio del período de 1886 a 2005. Los colores indican diferentes conjuntos de datos. **b)** Promedio anual y global del cambio del nivel del mar con respecto al promedio del conjunto de datos de más larga duración entre 1886 y 2005. Los colores indican diferentes conjuntos de datos. Todos los conjuntos de datos están alineados para tener el mismo valor en 1993, primer año de datos de altimetría por satélite (en rojo). En los casos en que se han evaluado, las incertidumbres se indican mediante sombreado de color. **c)** Concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, verde), metano (CH<sub>4</sub>, naranja), y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O, rojo) determinadas a partir de los datos de los testigos de hielo (puntos) y de mediciones atmosféricas directas (líneas). Indicadores: **d)** Emisiones antropógenas globales de CO<sub>2</sub> procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo y de la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento y la quema en antorcha. Las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> de esas fuentes y sus incertidumbres se muestran como barras y bigotes verticales, respectivamente, a la derecha. Los efectos globales de la acumulación de emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se muestran en el gráfico c. Los datos de las emisiones de gases de efecto invernadero de 1970 a 2010 se muestran en la figura RRP.2. {figuras 1.1, 1.3, 1.5}

Además de registrar un calentamiento multidecenal notable, la temperatura media global en superficie muestra una variabilidad decenal e interanual considerable (figura RRP.1a). Debido a esa variabilidad natural, las tendencias basadas en períodos de registros cortos son muy sensibles a las fechas de inicio y final, y no reflejan en general las tendencias climáticas a largo plazo. Por ejemplo, la tasa de calentamiento durante los últimos 15 años (0,05 [−0,05 a 0,15] °C por decenio, entre 1998 y 2012), que comienza con un fuerte efecto del fenómeno El Niño, es menor que la tasa registrada desde 1951 (0,12 [0,08 a 0,14] °C por decenio, entre 1951 y 2012). {1.1.1, recuadro 1.1}

El calentamiento del océano domina sobre el incremento de la energía almacenada en el sistema climático y representa más del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010 (*nivel de confianza alto*), siendo únicamente en torno al 1% la energía almacenada en la atmósfera. A escala global, el calentamiento del océano es mayor cerca de la superficie. Los 75 m superiores se han calentado 0,11 [0,09 a 0,13] °C por decenio, durante el período comprendido entre 1971 y 2010. Es *prácticamente seguro* que la capa superior del océano (0-700 m) se haya calentado entre 1971 y 2010, y es *probable* que se haya calentado entre la década de 1870 y 1971. {1.1.2, figura 1.2}

En promedio, sobre las zonas continentales de latitudes medias del hemisferio norte, las precipitaciones han aumentado desde 1901 (*nivel de confianza medio* antes de 1951, y *alto* después). En otras latitudes, existe un *nivel de confianza bajo* en las tendencias positivas o negativas a largo plazo promediadas por zonas. Las observaciones de cambios en la salinidad de la superficie del océano también ofrecen una evidencia indirecta de cambios en el ciclo global del agua sobre el océano (*nivel de confianza medio*). Es *muy probable* que las regiones con alta salinidad, donde predomina la evaporación, se hayan vuelto más salinas, y que las regiones con baja salinidad, donde predominan las precipitaciones, se hayan desalinizado desde la década de 1950. {1.1.1, 1.1.2}

Desde el comienzo de la era industrial, la incorporación de CO<sub>2</sub> en el océano ha dado lugar a su acidificación; el pH del agua del océano superficial ha disminuido en 0,1 (*nivel de confianza alto*), lo que corresponde a un 26% de aumento de la acidez, medida como concentración de los iones de hidrógeno. {1.1.2}

En el período comprendido entre 1992 y 2011, los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida han ido perdiendo masa (*nivel de confianza alto*), y es *probable* que esa pérdida se haya producido a un ritmo más rápido entre 2002 y 2011. Los glaciares han continuado menguando en casi todo el mundo (*nivel de confianza alto*). El manto de nieve en primavera en el hemisferio norte ha seguido reduciéndose en extensión (*nivel de confianza alto*). Existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que las temperaturas del permafrost han aumentado en la mayoría de las regiones desde principios de la década de 1980 en respuesta al aumento de la temperatura en superficie y la alteración del manto de nieve. {1.1.3}

Es *muy probable* que la superficie media anual del hielo marino del Ártico haya disminuido durante el período 1979-2012 en un rango del 3,5% al 4,1% por decenio. La extensión del hielo marino del Ártico ha disminuido en cada estación y en cada decenio sucesivo desde 1979, siendo en verano cuando se ha registrado el mayor ritmo de disminución en la extensión media decenal (*nivel de confianza alto*). Es *muy probable* que la extensión media anual del hielo marino de la Antártida haya aumentado en un rango de entre el 1,2% y el 1,8% por decenio entre 1979 y 2012. Sin embargo, existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que existen marcadas diferencias regionales en la Antártida, con un aumento de la extensión en algunas regiones y una disminución en otras. {1.1.3, figura 1.1}

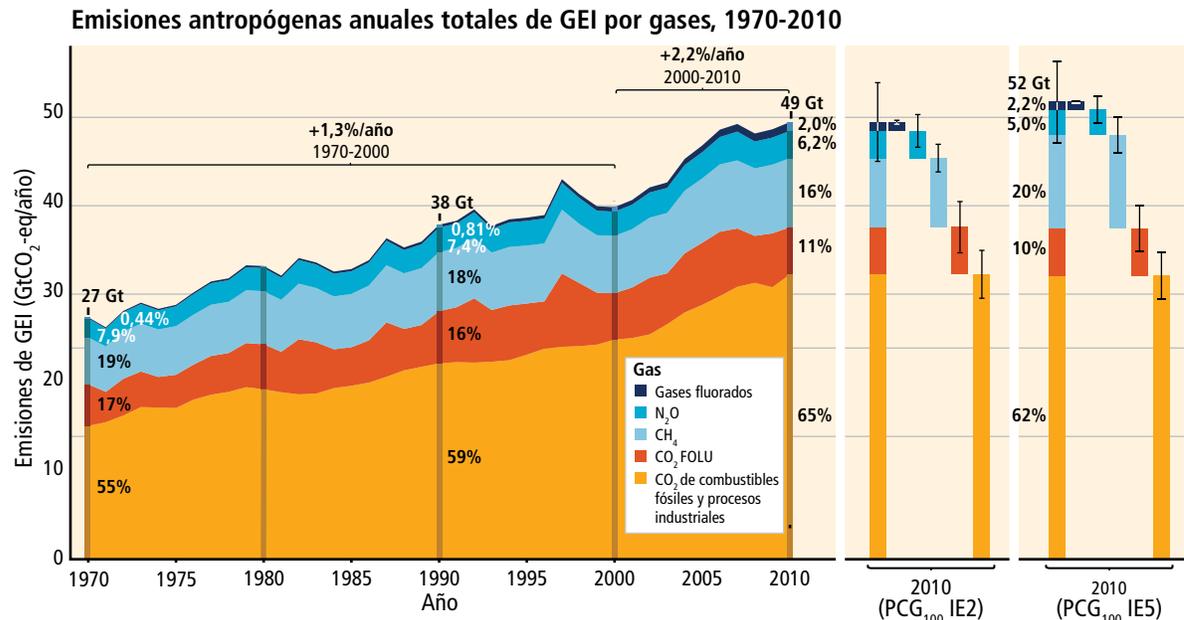
Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 [0,17 a 0,21] m (figura RRP.1b). Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores (*nivel de confianza alto*). {1.1.4, figura 1.1}

## RRP 1.2 Causas del cambio climático

**Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón en por lo menos los últimos 800 000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es *sumamente probable* que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX. {1.2, 1.3.1}**

Las emisiones antropógenas acumuladas de gases de efecto invernadero (GEI) desde la era preindustrial han experimentado grandes aumentos en las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

(figura RRP.1c). Entre 1750 y 2011 las emisiones antropógenas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera acumuladas fueron de 2 040 ± 310 GtCO<sub>2</sub>. Alrededor del 40% de esas emisiones han permanecido en la atmósfera (880 ± 35 GtCO<sub>2</sub>) y el resto fueron removidas de la atmósfera y almacenadas en la tierra (en plantas y suelos) y en el océano. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del CO<sub>2</sub> antropógeno emitido, provocando su acidificación. Alrededor de la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> antropógenas acumuladas entre 1750 y 2011 se han producido en los últimos 40 años (*nivel de confianza alto*) (figura RRP.1d). {1.2.1, 1.2.2}



**Figura RRP.2** | Emisiones antropógenas anuales totales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO<sub>2</sub>-equivalente al año, GtCO<sub>2</sub>-eq/año) para el período comprendido entre 1970 y 2010, por gases: CO<sub>2</sub> procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO<sub>2</sub> procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nítrico (N<sub>2</sub>O); gases fluorados abarcados en el Protocolo de Kyoto. A la derecha se muestran las emisiones de 2010, con ponderaciones de emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente basadas en valores de los Informes de Evaluación segundo y quinto del IPCC. A menos que se indique de otro modo, las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente en el presente informe incluyen los gases citados en el Protocolo de Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y los gases fluorados) calculados sobre la base de valores del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG<sub>100</sub>) procedentes del Segundo Informe de Evaluación (IE2) (véase el glosario). La utilización de valores de PCG<sub>100</sub> más recientes del Quinto Informe de Evaluación (IE5) (barras a la derecha) daría un mayor nivel de emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero (52 GtCO<sub>2</sub>-eq/año) a raíz de una mayor contribución del metano, pero ello no cambiaría la tendencia a largo plazo de manera significativa. [figura 1.6, recuadro 3.2]

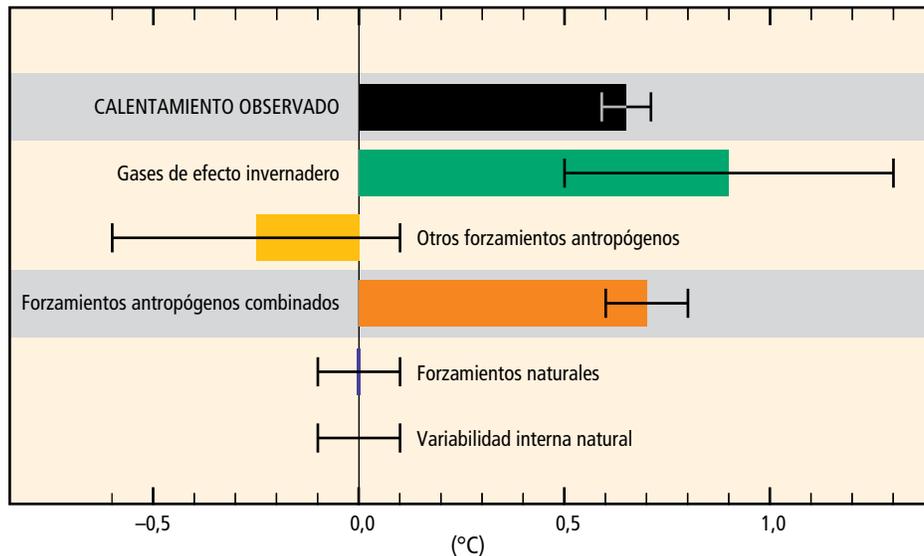
Las emisiones antropógenas totales de GEI han seguido aumentando entre 1970 y 2010 con mayores incrementos absolutos entre 2000 y 2010, a pesar del creciente número de políticas de mitigación del cambio climático. Las emisiones antropógenas de GEI en 2010 alcanzaron la cifra de 49 ± 4,5 GtCO<sub>2</sub>-eq/año<sup>3</sup>. Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedente de la combustión de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyeron en torno al 78% del aumento total de emisiones de GEI de 1970 a 2010, con una contribución porcentual similar para el aumento experimentado durante el período de 2000 a 2010 (*nivel de confianza alto*) (figura RRP.2). A nivel mundial, el crecimiento económico y el crecimiento demográfico continuaron siendo los motores más importantes de los aumentos en las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la quema de combustibles fósiles. La contribución del crecimiento demográfico entre 2000 y 2010 siguió siendo a grandes rasgos idéntica a los tres decenios anteriores, mientras que la contribución del crecimiento económico ha aumentado notablemente. El mayor uso del carbón ha invertido la prolongada tendencia de descarbonización gradual (p. ej. al provocar una disminución de la intensidad de carbono de la energía) del suministro energético mundial (*nivel de confianza alto*). {1.2.2}

Desde el Cuarto Informe de Evaluación (IE4) ha aumentado la evidencia de la influencia humana en el sistema climático. Es *sumamente probable* que más de la mitad del aumento observado en la temperatura media global en superficie en el período de 1951 a 2010 haya sido causado por la combinación del incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero antropógenos y de otros forzamientos antropógenos. De acuerdo con las mejores estimaciones, la contribución de la actividad humana al calentamiento es similar al calentamiento observado durante el mencionado período (figura RRP.3). Es *probable* que los forzamientos antropógenos hayan contribuido considerablemente a los aumentos de la temperatura en

<sup>3</sup> Las emisiones de gases de efecto invernadero se contabilizan como emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente (GtCO<sub>2</sub>-eq) utilizando los valores de las ponderaciones basadas en los potenciales de calentamiento global de 100 años que figuran en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC, salvo que se indique otra cosa. [recuadro 3.2]

superficie desde mediados del siglo XX en todas las regiones continentales, excepto la Antártida<sup>4</sup>. Es *probable* que la influencia antropógena haya afectado al ciclo global del agua desde 1960 y haya contribuido al retroceso de los glaciares desde la década de 1960 y al aumento del deshielo del manto de hielo de Groenlandia desde 1993. Es *muy probable* que la influencia antropógena haya contribuido a la pérdida de hielo marino en el Ártico desde 1979 y que haya contribuido significativamente a aumentos en el contenido global de calor en la capa superior del océano (0-700 m) así como a la elevación del nivel medio global del mar observado desde la década de 1970. {1.3, figura 1.10}

Contribuciones al cambio observado en la temperatura en superficie de 1951 a 2010



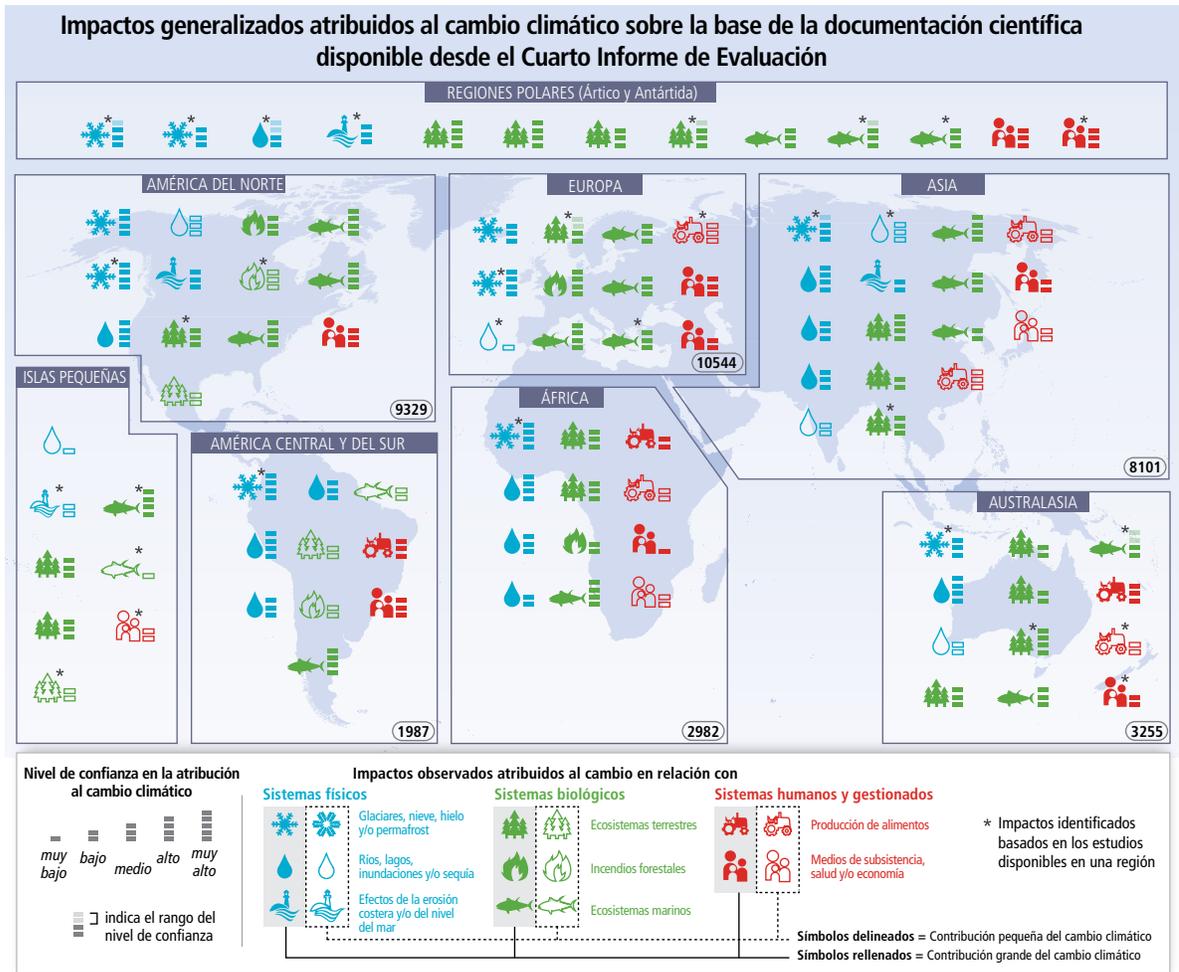
**Figura RRP.3** | Rangos evaluados *probables* (bigotes) y sus puntos medios (barras) para las tendencias de calentamiento en el período 1951-2010 debidas a los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados, otros forzamientos antropógenos (incluidos el efecto refrigerante de los aerosoles y el efecto de los cambios en el uso del suelo), forzamientos antropógenos combinados, forzamientos naturales y la variabilidad interna natural (que es el elemento de la variabilidad climática que surge espontáneamente en el sistema climático, aunque no haya forzamientos). El cambio observado en la temperatura en superficie se muestra en negro, con un intervalo de incertidumbre de 5% a 95% debido a la incertidumbre de las observaciones. Los intervalos de calentamiento atribuidos (en color) se basan en observaciones combinadas con simulaciones de modelos climáticos, con el fin de estimar la contribución de un forzamiento externo concreto al calentamiento observado. La contribución de los forzamientos antropógenos combinados puede estimarse con menos incertidumbre que las contribuciones de los gases de efecto invernadero y otros forzamientos antropógenos por separado. Ello se debe a que ambas contribuciones se compensan en parte, lo que da lugar a una señal combinada que está mejor limitada por las observaciones. {figura 1.9}

### RRP 1.3 Impactos del cambio climático

**En los últimos decenios, los cambios del clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos. Los impactos se deben al cambio climático observado, independientemente de su causa, lo que indica la sensibilidad de los sistemas naturales y humanos al cambio del clima. {1.3.2}**

La evidencia más sólida y completa de los impactos observados del cambio climático corresponde a los sistemas naturales. 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*). 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*). Hay impactos en los sistemas humanos que también se han atribuido al cambio climático, con una contribución grande o pequeña del cambio climático distinguible de otras influencias (figura RRP.4). La evaluación de muchos estudios que abarcan un amplio espectro de regiones y cultivos muestra que los impactos negativos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos han sido más comunes que los impactos positivos (*nivel de confianza alto*). Algunos impactos de la acidificación oceánica en los organismos marinos han sido atribuidos a la influencia humana (*nivel de confianza medio*). {1.3.2}

<sup>4</sup> En el caso de la Antártida, debido a la gran incertidumbre relativa a las observaciones, existe un *nivel de confianza bajo* en cuanto a que los forzamientos antropógenos hayan contribuido al calentamiento observado promediado en las estaciones disponibles.



**Figura RRP.4** | Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La atribución requiere evidencia científica sobre el papel del cambio climático. La ausencia en el mapa de otros impactos atribuidos al cambio climático no implica que esos impactos no hayan ocurrido. Las publicaciones que sustentan los impactos atribuidos reflejan una base de conocimientos cada vez mayor, aunque las publicaciones siguen siendo limitadas para muchas regiones, sistemas y procesos, lo que pone de relieve las lagunas en los datos y estudios. 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. Cada símbolo hace referencia a una o más entradas en GTII cuadro RRP.A1, de modo que se agrupan impactos conexos a escala regional. Las cifras en los óvalos indican totales regionales de publicaciones relativas al cambio climático de 2001 a 2010, según la base de datos bibliográfica Scopus para publicaciones en inglés en que el nombre de un país se menciona en el título, en el resumen o en las palabras clave (en julio de 2011). Estas cifras proporcionan una idea general de la documentación científica disponible sobre el cambio climático en las regiones; no indican el número de publicaciones que apoyan la atribución de los impactos del cambio climático en cada región. Los estudios relativos a las regiones polares y las islas pequeñas se agrupan con las regiones continentales vecinas. La inclusión de publicaciones para la evaluación de la atribución se ajustó a los criterios del IPCC sobre evidencia científica definidos en GTII capítulo 18. Las publicaciones incluidas en los análisis de atribución proceden de una gama más amplia de documentos evaluados en el GTII IE5. Véase el GTII cuadro RRP.A1 para la descripción de los impactos atribuidos. *{figura 1.11}*

#### RRP 1.4 Episodios extremos

Desde aproximadamente 1950 se han observado cambios en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Algunos de estos cambios han sido asociados con influencias humanas, como por ejemplo la disminución de las temperaturas frías extremas, el aumento de las temperaturas cálidas extremas, la elevación de los niveles máximos del mar y el mayor número de precipitaciones intensas en diversas regiones. *{1.4}*

Es *muy probable* que el número de días y noches fríos haya disminuido y el número de días y noches cálidos haya aumentado a escala global. Es probable que en gran parte de Europa, Asia y Australia la incidencia de las olas de calor haya aumentado. Es *muy probable* que la influencia humana haya contribuido a los cambios a escala global observados en la frecuencia e

intensidad de las temperaturas extremas diarias desde mediados del siglo XX. Es *probable* que la influencia humana haya más que duplicado la probabilidad de ocurrencia de las olas de calor observadas en algunas localidades. Existe un *nivel de confianza medio* en cuanto a que el calentamiento observado haya aumentado la mortalidad humana relacionada con el calor y haya reducido la relacionada con el frío en algunas regiones. {1.4}

Es *probable* que existan más regiones en las que haya aumentado el número de sucesos de precipitaciones intensas que en las que haya disminuido. La reciente detección de una tendencia creciente en las precipitaciones y caudales extremos en algunas captaciones conlleva mayores riesgos de inundación a escala regional (*nivel de confianza medio*). Es *probable* que los niveles del mar extremos (por ejemplo, los que se producen con las mareas meteorológicas) hayan aumentado desde 1970, principalmente como consecuencia del aumento del nivel medio del mar. {1.4}

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*). {1.4}

## RRP 2. Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos

**La emisión continua de gases de efecto invernadero causará un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, lo que hará que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas. Para contener el cambio climático sería necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual, junto con la adaptación, puede limitar los riesgos del cambio climático. {2}**

### RRP 2.1 Impulsores clave del clima futuro

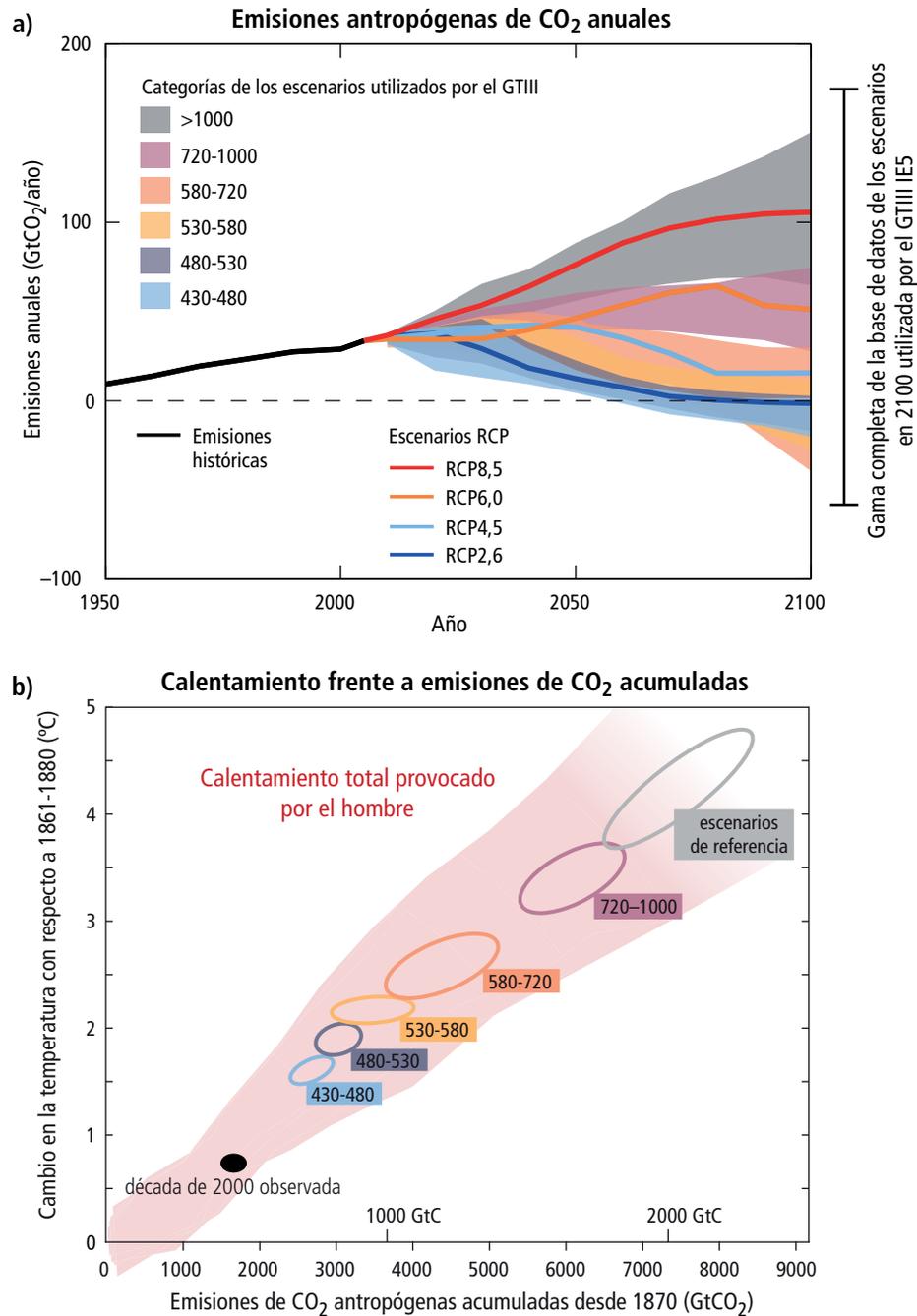
**Las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente. Las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero presentan un amplio margen de variación, en función del desarrollo socioeconómico y la política climática. {2.1}**

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero (GEI) dependen principalmente del tamaño de la población, la actividad económica, el estilo de vida, el uso de la energía, los patrones de uso del suelo, la tecnología y la política climática. Las trayectorias de concentración representativas (RCP), utilizadas para hacer proyecciones basadas en esos factores, describen cuatro trayectorias distintas en el siglo XXI de las emisiones y las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, las emisiones de contaminantes atmosféricos y el uso del suelo. Dichas trayectorias incluyen un escenario de mitigación estricto (RCP2,6), dos escenarios intermedios (RCP4,5 y RCP6,0), y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP8,5). Los escenarios sin esfuerzos adicionales para limitar las emisiones ('escenarios de referencia') dan lugar a trayectorias que se sitúan entre RCP6,0 y RCP8,5 (figura RRP.5a). RCP2,6 representa un escenario que tiene por objetivo que sea *probable* mantener el calentamiento global a menos de 2 °C por encima de las temperaturas preindustriales. Las trayectorias se ajustan a los diversos escenarios en los estudios de mitigación evaluados por el Grupo de trabajo III<sup>5</sup>. {2.1, recuadro 2.2, 4.3}

Múltiples líneas de evidencia apuntan a una relación casi lineal sólida y continua entre las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas y la proyección del cambio en la temperatura global hasta el año 2100 en las RCP y el conjunto mayor de escenarios de mitigación analizados por el Grupo de trabajo III (figura RRP.5b). Cualquier nivel dado de calentamiento está asociado a un rango de emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas<sup>6</sup>, y por lo tanto, a modo de ejemplo, mayores emisiones en decenios pasados implican menores emisiones posteriormente. {2.2.5, cuadro 2.2}

<sup>5</sup> Se han clasificado unos 300 escenarios de referencia y 900 escenarios de mitigación por concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) para 2100. El CO<sub>2</sub>-eq incluye el forzamiento debido a todos los gases de efecto invernadero (incluidos los gases halogenados y el ozono troposférico), los aerosoles y el cambio del albedo.

<sup>6</sup> Para calcular este intervalo de emisiones de CO<sub>2</sub> es preciso considerar impulsores distintos del CO<sub>2</sub>.



**Figura RRP.5 | a)** Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) únicamente en las trayectorias de concentración representativas (RCP) (líneas) y las categorías de escenarios asociados utilizados por el Grupo de trabajo III (las áreas coloreadas muestran el rango del 5% al 95%). Las categorías de escenarios del GTIII resumen los diversos escenarios de emisiones presentados en las publicaciones científicas y se definen sobre la base de niveles de concentraciones totales de CO<sub>2</sub>-equivalente (en ppm) en 2100. En el recuadro 2.2 figura 1 se muestran las series temporales de otras emisiones de gases de efecto invernadero. **b)** Aumento de la temperatura media global en superficie, como función del total de las emisiones globales acumuladas de CO<sub>2</sub> a partir de diversas líneas de evidencia. El penacho de color muestra la dispersión de las proyecciones pasadas y futuras a partir de una jerarquía de modelos del clima-ciclo del carbono basados en las emisiones históricas y las cuatro RCP en todos los tiempos hasta 2100, y se diluye conforme disminuye el número de modelos disponibles. Las elipses muestran el calentamiento antropogénico total en 2100 frente a las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> de 1870 a 2100 a partir de un modelo climático simple (promedio de la respuesta climática) para las categorías de escenarios utilizadas por el Grupo de trabajo III. El tamaño de las elipses en función de la temperatura obedece al impacto de distintos escenarios derivados de impulsores climáticos distintos del CO<sub>2</sub>. La elipse negra muestra las emisiones observadas hasta 2005 y las temperaturas observadas en la década de 2000-2009 con las incertidumbres conexas. {recuadro 2.2, figura 1; figura 2.3}

Los resultados multimodelos muestran que, para limitar el calentamiento total provocado por el hombre a menos de 2 °C respecto del período 1861-1880 con una probabilidad de >66%<sup>7</sup>, sería necesario limitar las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> procedentes de las diversas fuentes antropógenas desde 1870 a unas 2 900 GtCO<sub>2</sub> (con un rango de 2 550 a 3 150 GtCO<sub>2</sub> dependiendo de los impulsores climáticos distintos del CO<sub>2</sub>). Hasta 2011 ya se habían emitido unas 1 900 GtCO<sub>2</sub><sup>8</sup>. Para consultar otro contexto, véase el cuadro 2.2. {2.2.5}

## RRP 2.2 Cambios proyectados en el sistema climático

**En todos los escenarios de emisiones evaluados, las proyecciones señalan que la temperatura en superficie continuará aumentando a lo largo del siglo XXI. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duren más, y que los episodios de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes en muchas regiones. El océano se seguirá calentando y acidificando, y el nivel medio global del mar continuará elevándose. {2.2}**

*Los cambios proyectados de la sección RRP 2.2 corresponden a 2081-2100 respecto de 1986-2005, a menos que se indique otra cosa.*

El clima futuro dependerá del calentamiento asegurado a raíz de emisiones antropógenas en el pasado, así como de emisiones antropógenas futuras y la variabilidad climática natural. El cambio en la temperatura media global en superficie para el período 2016-2035 en relación con el período 1986-2005 es similar para los cuatro escenarios de RCP y es *probable* que vaya a estar en el rango de 0,3 °C a 0,7 °C (*nivel de confianza medio*), siempre que no ocurran grandes erupciones volcánicas ni cambios en algunas fuentes naturales (por ejemplo, metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)), ni cambios imprevistos en la irradiación solar total. A mediados del siglo XXI, la magnitud del cambio climático proyectado variará considerablemente según el escenario de emisiones elegido. {2.2.1, cuadro 2.1}

En relación con 1850-1900, las proyecciones apuntan a que es *probable* que, para el final del siglo XXI (2081-2100), la temperatura global en superficie sea superior en 1,5 °C para los escenarios RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5 (*nivel de confianza alto*). Es *probable* que dicha temperatura sea superior en 2 °C para los escenarios RCP6,0 y RCP8,5 (*nivel de confianza alto*), y *más probable que improbable* que sea superior en 2 °C para el escenario RCP4,5 (*nivel de confianza medio*), pero es *improbable* que sea superior en 2 °C para el escenario RCP2,6 (*nivel de confianza medio*). {2.2.1}

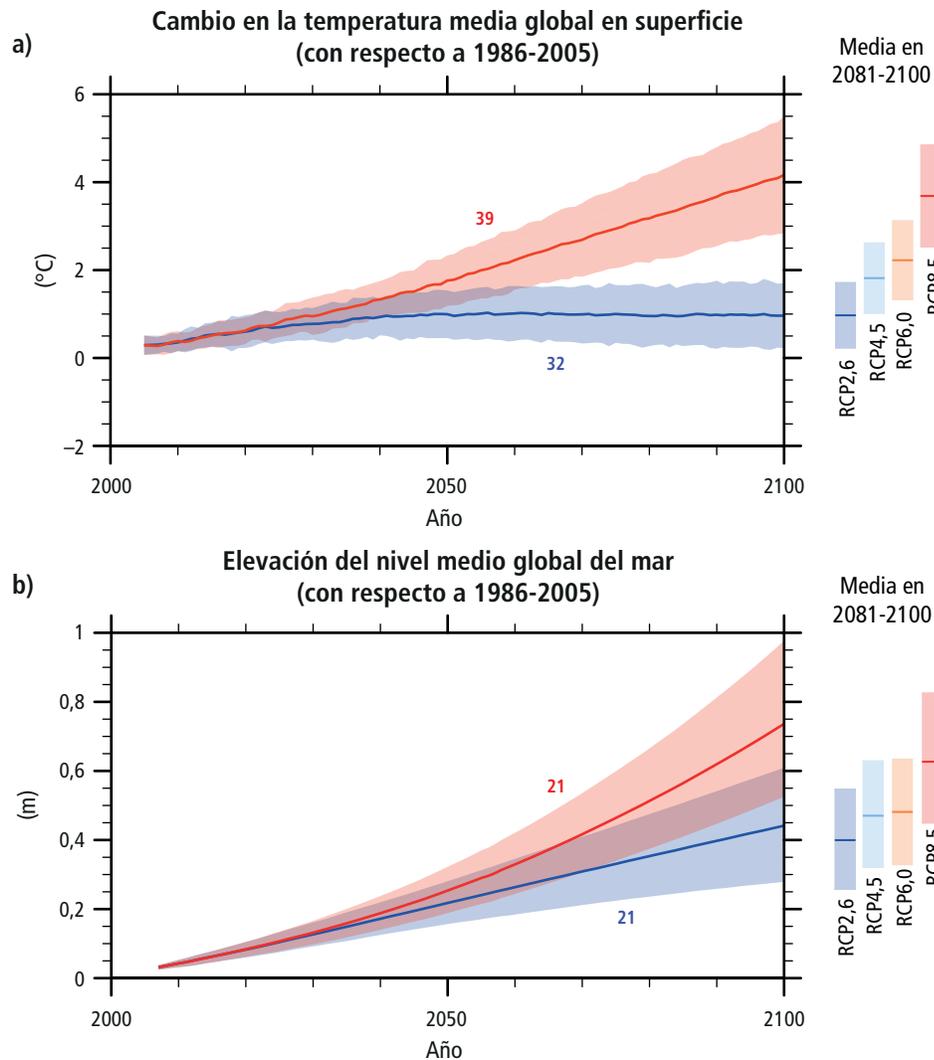
Es *probable* que el aumento de la temperatura media global en superficie al final del siglo XXI (2081-2100) respecto de 1986-2005 sea de 0,3 °C a 1,7 °C bajo el escenario RCP2,6; de 1,1 °C a 2,6 °C bajo RCP4,5; de 1,4 °C a 3,1 °C bajo RCP6,0; y de 2,6 °C a 4,8 °C bajo RCP8,5<sup>9</sup>. La región del Ártico seguirá calentándose más rápidamente que la media global (figura RRP.6a, figura RRP.7a). {2.2.1, figura 2.1, figura 2.2, cuadro 2.1}

Es *prácticamente seguro* que se produzcan temperaturas extremas calientes más frecuentes y frías menos frecuentes en la mayoría de las zonas continentales, en escalas temporales diarias y estacionales, conforme vaya aumentando la temperatura media global en superficie. Es *muy probable* que haya olas de calor con mayor frecuencia y más duraderas. Continuarán produciéndose temperaturas frías extremas en invierno de forma ocasional. {2.2.1}

<sup>7</sup> Las cifras correspondientes para limitar el calentamiento a 2 °C con una probabilidad superior al 50% y superior al 33% son 3 000 GtCO<sub>2</sub> (rango de 2 900 a 3 200 GtCO<sub>2</sub>) y 3 300 GtCO<sub>2</sub> (rango de 2 950 a 3 800 GtCO<sub>2</sub>), respectivamente. Para que los límites de temperatura fueran superiores o inferiores sería necesario que las emisiones acumuladas fueran mayores o menores, respectivamente.

<sup>8</sup> Esta cantidad corresponde a alrededor de los dos tercios de las 2 900 GtCO<sub>2</sub> que harían que el calentamiento permaneciera por debajo de 2 °C con una probabilidad superior al 66%; a alrededor del 63% de la cantidad total de las 3 000 GtCO<sub>2</sub> que harían que el calentamiento permaneciera por debajo de 2 °C con una probabilidad superior al 50%; y a alrededor del 58% de la cantidad total de las 3 300 GtCO<sub>2</sub> que harían que el calentamiento permaneciera por debajo de 2 °C con una probabilidad superior al 33%.

<sup>9</sup> El período de 1986-2005 fue aproximadamente 0,61 [0,55 a 0,67] °C más cálido que el período de 1850-1900. {2.2.1}

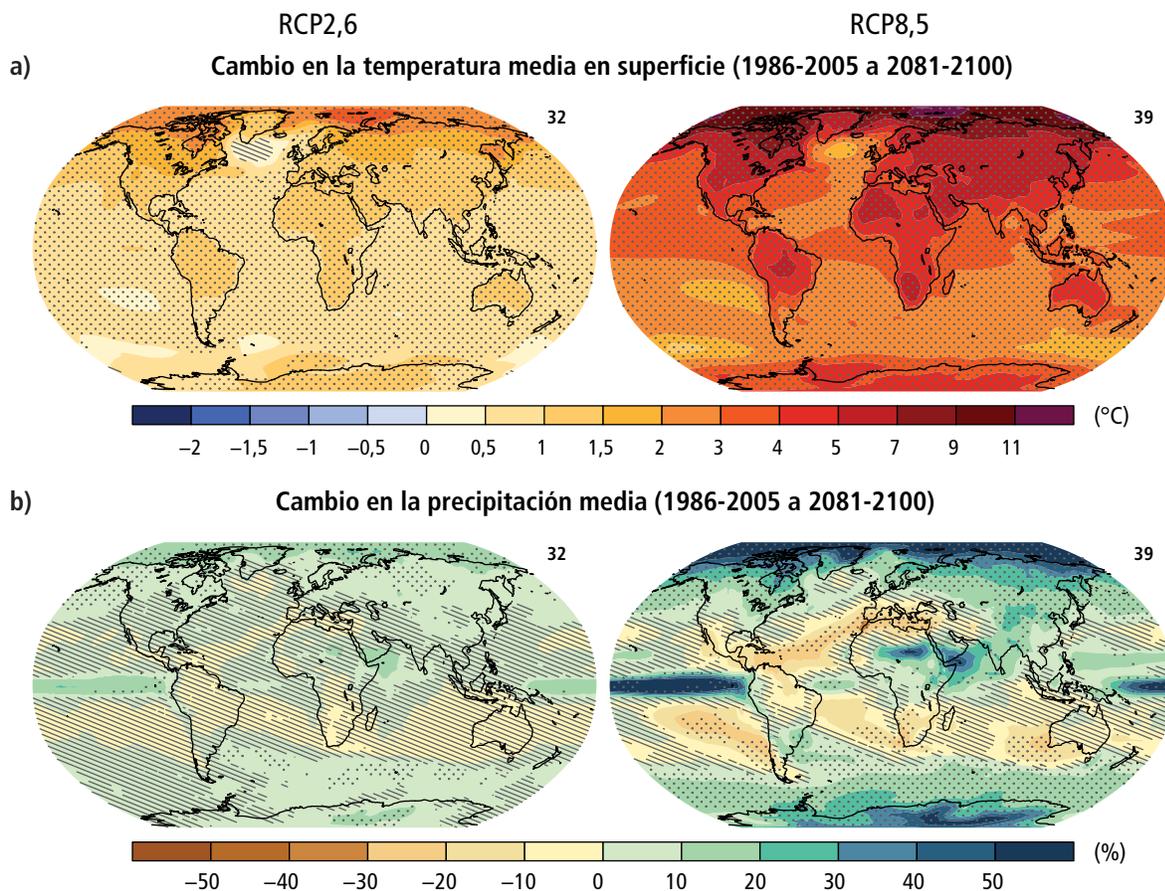


**Figura RRP.6** | Cambio en la temperatura media global en superficie **(a)** y elevación del nivel medio global del mar<sup>10</sup> **(b)** de 2006 a 2100 determinados por simulaciones multimodelos. Todos los cambios son en relación con 1986-2005. Las series temporales de las proyecciones y la medición de la incertidumbre (sombreado) se muestran en relación con los escenarios RCP2,6 (azul) y RCP8,5 (rojo). Las incertidumbres medias y asociadas, promediadas entre 2081 y 2100, figuran en todos los escenarios de RCP indicadas con barras verticales de colores en el margen derecho de cada gráfico. Se indica asimismo el número de modelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) utilizados para calcular la media multimodelos. {2.2, figura 2.1}

Los cambios en la precipitación no serán uniformes. Es *probable* que en las latitudes altas y en el océano Pacífico ecuatorial se experimente un aumento en la precipitación media anual en el marco del escenario RCP8,5. Es *probable* que, en el marco del escenario RCP8,5, la precipitación media disminuya en muchas regiones secas de latitud media y subtropicales, mientras que es *probable* que en muchas regiones húmedas de latitud media la precipitación media aumente (figura RRP.7b). Es *muy probable* que sean más intensos y frecuentes los episodios de precipitación extrema en la mayoría de las masas terrestres de latitud media y en las regiones tropicales húmedas. {2.2.2, figura 2.2}

El océano global seguirá calentándose durante el siglo XXI, con un calentamiento más acusado en la superficie en las regiones tropicales y en las regiones subtropicales del hemisferio norte (figura RRP.7a). {2.2.3, figura 2.2}

<sup>10</sup> Sobre la base del conocimiento actual (de observaciones, comprensión física y modelizaciones), solo en caso de que ocurriera un colapso de sectores marinos del manto de hielo de la Antártida, podría aumentar considerablemente el nivel medio global del mar por encima del rango *probable* durante el siglo XXI. Hay un *nivel de confianza medio* en cuanto a que esa aportación adicional no representaría una elevación del nivel del mar superior a algunos decímetros durante el siglo XXI.



**Figura RRP.7** | Cambio en la temperatura media en superficie **(a)** y cambio en la precipitación media **(b)** sobre la base de las proyecciones de la media multimodelos para 2081-2100 en relación con 1986-2005 bajo los escenarios RCP2,6 (izquierda) y RCP8,5 (derecha). En la esquina superior derecha de cada mapa se indica el número de modelos utilizados para calcular la media multimodelos. Las tramas punteadas indican las regiones donde el cambio proyectado es grande con respecto a la variabilidad interna natural y donde al menos el 90% de los modelos concuerdan con el signo del cambio. Las tramas rayadas (líneas diagonales) muestran las regiones donde el cambio proyectado es inferior a una desviación típica de la variabilidad interna natural. {2.2, figura 2.2}

Las proyecciones de los modelos del sistema Tierra apuntan a una mayor acidificación global de los océanos para todos los escenarios de RCP al final del siglo XXI, con una lenta recuperación después de mitad de siglo en el marco del escenario RCP2,6. La disminución del pH en el océano superficial se sitúa en el rango de 0,06 a 0,07 (aumento de la acidez del 15% al 17%) para RCP2,6; de 0,14 a 0,15 (del 38% al 41%) para RCP4,5; de 0,20 a 0,21 (del 58% al 62%) para RCP6,0; y de 0,30 a 0,32 (del 100% al 109%) para RCP8,5. {2.2.4, figura 2.1}

Las proyecciones apuntan a que disminuirá la extensión del hielo marino del Ártico durante todo el año en todos los escenarios de RCP. Es *probable* que, antes de mediados de siglo, el océano Ártico esté casi libre de hielo en el mes de septiembre<sup>11</sup>, momento de mínimo estival de hielo marino, conforme al escenario RCP8,5<sup>12</sup> (*nivel de confianza medio*). {2.2.3, figura 2.1}

Es *prácticamente seguro* que en latitudes muy septentrionales disminuya la extensión del permafrost cerca de la superficie, conforme aumente la temperatura media global en superficie, y las proyecciones indican que la superficie de permafrost cerca de la superficie (3,5 m superiores) disminuirán entre el 37% (RCP2,6) y el 81% (RCP8,5) para el promedio multimodelos (*nivel de confianza medio*). {2.2.3}

Las proyecciones apuntan a que el volumen global de los glaciares, excluidos los glaciares de la periferia de la Antártida (y excluidos los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida) disminuirán entre el 15% y el 55%, en el caso del escenario RCP2,6; y entre el 35% y el 85%, en el caso del escenario RCP8,5 (*nivel de confianza medio*). {2.2.3}

<sup>11</sup> Cuando la extensión del hielo marino es inferior a 1 millón de km<sup>2</sup> durante al menos cinco años consecutivos.

<sup>12</sup> Sobre la base de una evaluación del subconjunto de los modelos que reproducen con mayor rigor el estado climatológico medio y de la tendencia de la extensión del hielo marino del Ártico en 1979-2012.

Se ha experimentado un importante progreso en la comprensión del cambio del nivel del mar, así como en sus proyecciones, desde el Cuarto Informe de Evaluación. La elevación del nivel medio global del mar continuará durante el siglo XXI, y es *muy probable* que ocurra a un ritmo más rápido que el observado entre 1971 y 2010. Para el período 2081-2100 en relación con 1986-2005, es *probable* que la elevación ocurra en los rangos de 0,26 a 0,55 m para RCP2,6, y de 0,45 a 0,82 m para RCP8,5 (*nivel de confianza medio*)<sup>10</sup> (figura RRP.6b). La elevación del nivel del mar no será uniforme entre las regiones. Es *muy probable* que para fines del siglo XXI el nivel del mar aumente en aproximadamente más del 95% de las zonas oceánicas. Las proyecciones señalan que alrededor del 70% de las costas de todo el mundo experimentarán un cambio de nivel del mar en un intervalo de  $\pm 20\%$  de la media global. {2.2.3}

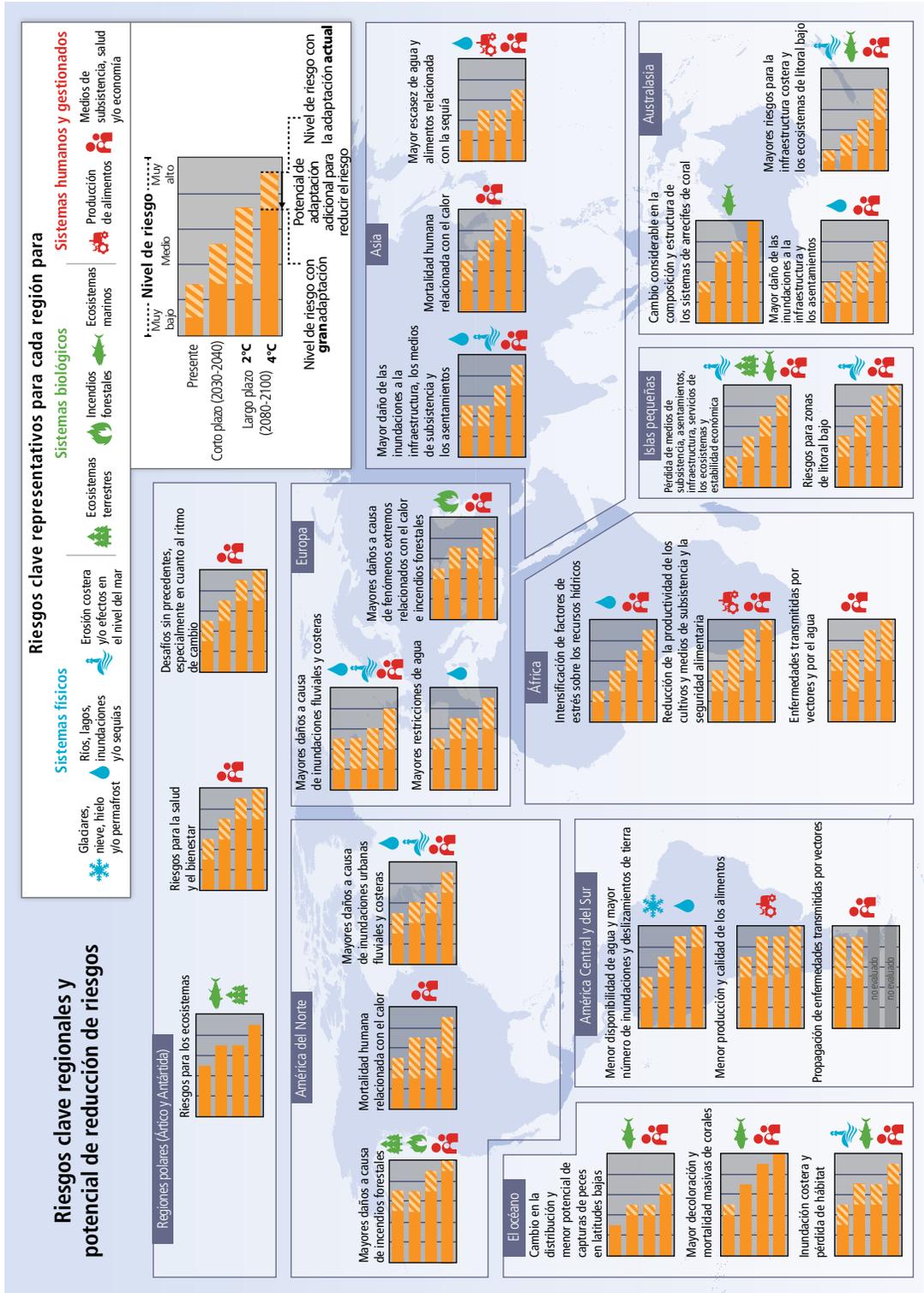
### RRP 2.3 Futuros riesgos e impactos provocados por un clima cambiante

**El cambio climático agravará los riesgos existentes y creará nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos. 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.** {2.3}

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, así como con su capacidad para adaptarse. Las tasas y magnitudes de aumento del calentamiento y otros cambios en el sistema climático, a los que se suma la acidificación oceánica, hacen que se intensifique el riesgo de impactos nocivos severos, generalizados y, en algunos casos, irreversibles. Algunos riesgos son muy específicos de determinadas regiones (figura RRP.8), mientras que otros son globales. Los riesgos generales de futuros impactos por el cambio climático se pueden reducir si se limita el ritmo y la magnitud del cambio climático, incluido de la acidificación oceánica. Los niveles precisos de cambio climático suficientes para desencadenar un cambio abrupto e irreversible siguen siendo inciertos, pero el riesgo asociado a traspasar esos umbrales aumenta a mayor temperatura (*nivel de confianza medio*). Para la evaluación del riesgo es importante evaluar la gama más amplia posible de impactos, incluidos los resultados de baja probabilidad con grandes consecuencias. {1.5, 2.3, 2.4, 3.3, recuadro de la introducción.1, recuadro 2.3, recuadro 2.4}

Una gran parte de las especies afrontan un riesgo creciente de extinción debido al cambio climático durante el siglo XXI y posteriormente, especialmente porque el cambio climático interactúa con otros factores de estrés (*nivel de confianza alto*). La mayoría de especies vegetales no pueden desplazar sus rangos de distribución geográfica de forma natural con la suficiente rapidez para acompañarlos a las tasas del cambio climático actuales y las altas tasas proyectadas en la mayoría de los paisajes; la mayoría de los pequeños mamíferos y moluscos dulceacuícolas no serán capaz de acompañar su tasa de desplazamiento a las tasas proyectadas de cambio climático bajo los escenarios RCP4,5 y superiores en paisajes llanos o semillanos en el siglo actual (*nivel de confianza alto*). El riesgo futuro se señala como alto por la observación de que el cambio climático global natural a un ritmo inferior al actual cambio climático antropógeno provocó considerables desplazamientos de los ecosistemas y la extinción de especies durante los últimos millones de años. Los organismos marinos se verán confrontados progresivamente a niveles decrecientes de oxígeno y altas tasas y magnitudes de acidificación oceánica (*nivel de confianza alto*), con los riesgos consiguientes agravados por el aumento de las temperaturas oceánicas extremas (*nivel de confianza medio*). Los ecosistemas de arrecifes de coral y los ecosistemas polares son muy vulnerables. Los sistemas costeros y las zonas bajas están en situación de riesgo debido a la elevación del nivel del mar, la cual no cesará durante siglos incluso aunque se estabilizara la temperatura media global (*nivel de confianza alto*). {2.3, 2.4, figura 2.5}

Las proyecciones indican que el cambio climático socavarán la seguridad alimentaria (figura RRP.9). 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*). En relación con el trigo, el arroz y el 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 aumentos de la temperatura



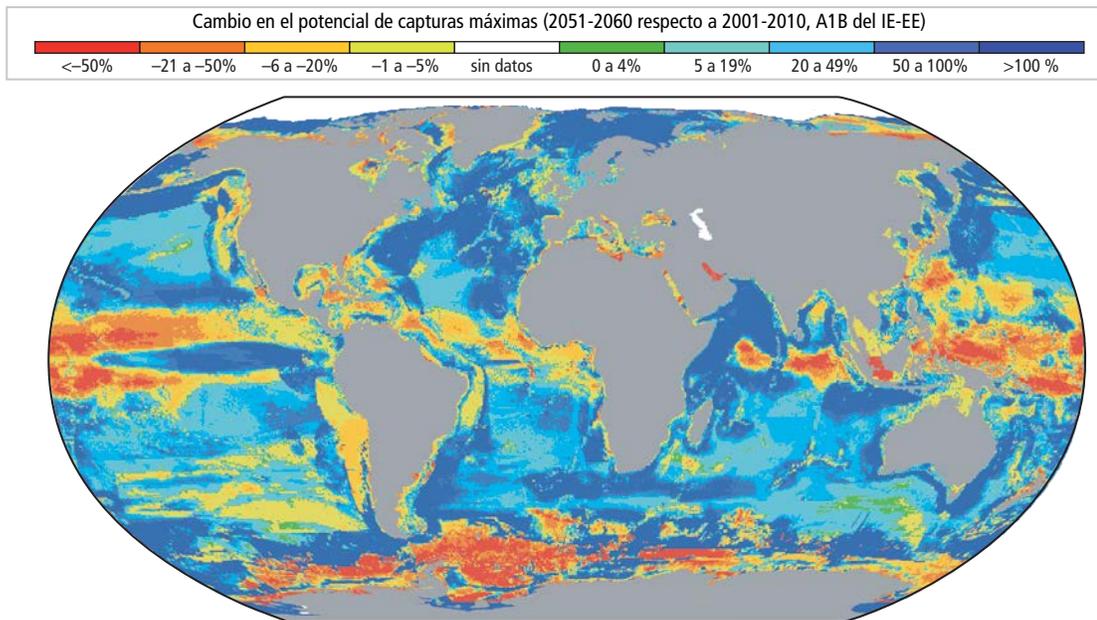
**Figura RRP.8** | Riesgos clave representativos<sup>13</sup> para cada región, incluido el potencial de reducción del riesgo mediante la adaptación y la mitigación, así como los límites de la adaptación. Cada riesgo clave se considera muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto. Los niveles de riesgo se presentan en tres marcos temporales: el presente, el corto plazo (en este caso, para 2030-2040) y el largo plazo (en este caso, para 2080-2100). A corto plazo, los niveles proyectados de aumento de la temperatura media global no difieren sustancialmente para los distintos escenarios de emisiones. A largo plazo, los niveles de riesgo se presentan respecto de dos futuros posibles (aumento de la temperatura media global de 2 °C y 4 °C por encima de los niveles preindustriales). Respecto de cada marco temporal, se indican niveles de riesgo para una continuación de los niveles actuales de adaptación y asumiendo niveles elevados actuales o futuros de adaptación. Ello no implica necesariamente que los niveles de riesgo sean comparables, especialmente entre regiones. (figura 2.4)

<sup>13</sup> 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.

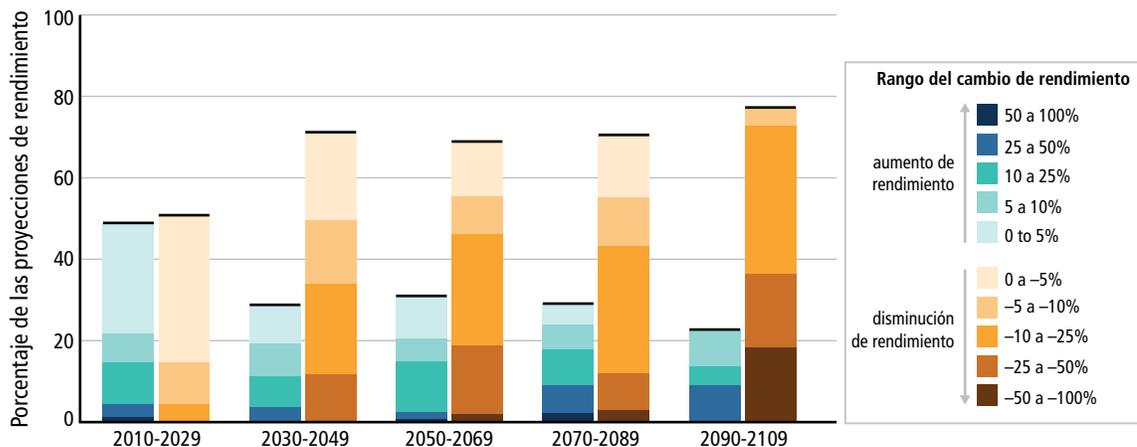
global de  $\sim 4$  °C o más<sup>14</sup> por encima de los niveles del siglo XX, combinados con una mayor demanda de alimentos, pondría la seguridad alimentaria en situación de mucho riesgo a nivel mundial (*nivel de confianza alto*). Las proyecciones indican que el cambio climático hará que se reduzcan los recursos de aguas superficiales y aguas subterráneas renovables 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*). {2.3.1, 2.3.2}

### El cambio climático plantea riesgos para la producción de alimentos

a)



b)



**Figura RRP.9 | a)** Redistribución global proyectada del potencial de capturas máximas de  $\sim 1\,000$  especies marinas de peces e invertebrados explotadas. Las proyecciones comparan los promedios decenales en 2001-2010 y 2051-2060, utilizando condiciones oceánicas basadas en un único modelo climático con arreglo a un escenario de calentamiento entre moderado y alto, sin análisis de posibles impactos ocasionados por sobrepesca o acidificación oceánica. **b)** Resumen de los cambios proyectados en los rendimientos de los cultivos (principalmente trigo, maíz, arroz y soja) debido al cambio climático a lo largo del siglo XXI. Los datos para cada período totalizan el 100%, indicando el porcentaje de las proyecciones que muestran aumentos de rendimiento frente a disminuciones. La figura incluye proyecciones (basadas en 1 090 puntos de datos) para diferentes escenarios de emisiones, para regiones tropicales y templadas y para casos de adaptación e inadaptación combinados. Los cambios en el rendimiento de los cultivos se calculan con respecto a los niveles del final del siglo XX. {figura 2.6a, figura 2.7}

<sup>14</sup> El calentamiento medio en tierra proyectado es mayor que el calentamiento medio global para todos los escenarios de RCP para el período 2081-2100 respecto de 1986-2005. Para las proyecciones regionales, véase la figura RRP.7. {2.2}

Hasta mediados de siglo, el cambio climático proyectado afectará a la salud humana principalmente por la agravación de los problemas de salud ya existentes (*nivel de confianza muy alto*). Se prevé que a lo largo del siglo XXI el cambio climático ocasione un empeoramiento de la 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*). Para 2100, en el caso del escenario RCP8,5, se prevé que la combinación de alta temperatura y humedad en algunas zonas durante algunos períodos del año comprometan las actividades humanas normales, como producir alimentos o trabajar en el exterior (*nivel de confianza alto*). {2.3.2}

En las zonas urbanas, las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumenten los riesgos para las personas, los recursos, las economías y los ecosistemas, incluidos los riesgos derivados del estrés térmico, las tormentas y precipitaciones extremas, las inundaciones continentales y costeras, los deslizamientos de tierra, la contaminación del aire, las sequías, la escasez de agua, la elevación del nivel del mar y las mareas meteorológicas (*nivel de confianza muy alto*). Los riesgos se agravan para las personas que carecen de infraestructuras y servicios esenciales o viven en zonas expuestas. {2.3.2}

Se prevé que las zonas rurales se enfrenten a grandes impactos en cuanto a la disponibilidad y abastecimiento de agua, la seguridad alimentaria, la infraestructura y los ingresos agrícolas, incluidos desplazamientos de las zonas de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (*nivel de confianza alto*). {2.3.2}

Las pérdidas económicas totalizadas se aceleran a mayor temperatura (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*), pero actualmente es difícil estimar los impactos económicos globales derivados del cambio climático. Desde la perspectiva de la pobreza, las proyecciones indican que los impactos del cambio climático ralentizarán el crecimiento económico, harán más difícil reducir la pobreza, seguirán menoscabando la seguridad alimentaria, y harán que continúen las trampas de pobreza existentes, especialmente en las zonas urbanas y las nuevas zonas críticas de hambruna (*nivel de confianza medio*). Las dimensiones internacionales como el comercio y las relaciones entre Estados son también importantes para entender los riesgos del cambio climático a escala regional. {2.3.2}

Las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumenten las personas desplazadas (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Las poblaciones que carecen de los recursos para realizar una migración planificada se ven sometidas a una mayor exposición a episodios meteorológicos extremos, sobre todo en los países en desarrollo y países de bajos ingresos. El cambio climático puede hacer que aumenten indirectamente los riesgos de conflictos violentos al agravar los factores documentados que impulsan dichos conflictos, como son la pobreza y las crisis económicas (*nivel de confianza medio*). {2.3.2}

## RRP 2.4 El cambio climático después de 2100, irreversibilidad y cambios abruptos

**Muchos aspectos del cambio climático y los impactos asociados continuarán durante siglos, incluso si se detienen las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. Los riesgos de cambios abruptos o irreversibles aumentan a medida que aumenta la magnitud del calentamiento.** {2.4}

El calentamiento continuará después de 2100 en todos los escenarios RCP, excepto para el RCP2,6. Durante muchos siglos, la temperatura en superficie se mantendrá aproximadamente constante a niveles elevados después de que cesen completamente las emisiones antropógenas netas de CO<sub>2</sub>. Gran parte del cambio climático antropógeno resultante de las emisiones de CO<sub>2</sub> es irreversible en una escala temporal de entre varios siglos y milenios, excepto en el caso de que se produzca una abundante remoción neta de CO<sub>2</sub> de la atmósfera durante un período de tiempo prolongado. {2.4, figura 2.8}

La estabilización de la temperatura media global en superficie no implica la estabilización de todos los aspectos del sistema climático. Los biomas cambiantes, el carbono en el suelo, los mantos de hielo, las temperaturas de los océanos y la elevación del nivel del mar conexas tienen su propia escala temporal intrínseca que dará lugar a cambios continuos que durarán cientos a miles de años después de que la temperatura global en superficie se haya estabilizado. {2.1, 2.4}

Existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que la acidificación del océano continuará durante siglos si continúan las emisiones de CO<sub>2</sub>, y afectará intensamente a los ecosistemas marinos. {2.4}

Es *prácticamente seguro* que la elevación del nivel medio global del mar continuará durante muchos siglos después de 2100; la magnitud de la elevación dependerá de las futuras emisiones. El umbral que propiciaría la pérdida del manto de hielo de Groenlandia durante al menos un milenio, y la elevación del nivel del mar de hasta 7 m asociada, es superior a 1 °C de calentamiento global con respecto al nivel preindustrial (*nivel de confianza bajo*), aunque inferior a 4 °C (*nivel de confianza medio*). La pérdida de hielo abrupta e irreversible del manto de hielo de la Antártida es posible, pero los datos y conocimientos actuales son insuficientes para realizar una evaluación cuantitativa. {2.4}

Las magnitudes y tasas del cambio climático asociadas a escenarios de emisiones entre medias y altas suponen un alto riesgo de cambio abrupto e irreversible a escala regional en la composición, estructura y función de los ecosistemas marinos, terrestres y dulceacuícolas, incluidos los humedales (*nivel de confianza medio*). Es *prácticamente seguro* que se producirá una reducción de la extensión del permafrost con el aumento continuo de las temperaturas globales. {2.4}

### RRP 3. Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible

La adaptación y la mitigación son estrategias complementarias para reducir y manejar los riesgos del cambio climático. Si en los próximos decenios se reducen sustancialmente las emisiones, se pueden lograr disminuciones en los riesgos climáticos a lo largo del siglo XXI y posteriormente, ampliar las perspectivas de una adaptación efectiva, reducir los costos y los retos de mitigación a largo plazo y contribuir a que las trayectorias de desarrollo sostenible sean resilientes al clima. {3.2, 3.3, 3.4}

#### RRP 3.1 Bases para la toma de decisiones en materia de cambio climático

La toma de decisiones efectivas para limitar el cambio climático y sus efectos puede basarse en una amplia gama de métodos analíticos para evaluar los riesgos y beneficios esperados, según se considere la importancia que tienen la gobernanza, las dimensiones éticas, la equidad, los juicios de valor, las evaluaciones económicas y las diversas percepciones y respuestas ante el riesgo y la incertidumbre. {3.1}

El desarrollo sostenible y la equidad sirven de base para analizar las políticas climáticas. Es necesario limitar los efectos del cambio climático para lograr el desarrollo sostenible y la equidad, incluida la erradicación de la pobreza. Las contribuciones pasadas y futuras de los países a la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera son diferentes, y los países también afrontan desafíos y circunstancias dispares, y disponen de medios diferentes para abordar la mitigación y la adaptación. A la par de la mitigación y la adaptación surgen cuestiones de equidad y justicia. Gran parte de la población más vulnerable al cambio climático apenas ha contribuido ni contribuye a las emisiones de GEI. Retrasar la mitigación traslada las cargas del presente al futuro, y la insuficiencia de respuesta ante los nuevos impactos ya está socavando la base del desarrollo sostenible. Las estrategias integrales en respuesta al cambio climático compatibles con el desarrollo sostenible tienen en cuenta los cobeneficios, los efectos colaterales adversos y los riesgos que pueden derivarse de las opciones de adaptación y de mitigación. {3.1, 3.5, recuadro 3.4}

En el diseño de la política climática influye el modo en que las personas y las organizaciones perciben los riesgos y las incertidumbres y los tienen en cuenta. Existen métodos de valoración basados en análisis económicos, sociales y éticos para coadyuvar a la toma de decisiones. Esos métodos pueden tener en cuenta una amplia gama de posibles impactos, incluidos los resultados de baja probabilidad con grandes consecuencias, pero no pueden determinar un único equilibrio idóneo entre la mitigación, la adaptación y los impactos climáticos residuales. {3.1}

El cambio climático tiene las características de un problema de acción colectiva a escala mundial, puesto que la mayoría de los GEI se acumulan con el tiempo y se combinan globalmente, y las emisiones realizadas por cualquier agente (p. ej., personas, comunidades, empresas o países) afectan a los demás agentes. No se alcanzará una mitigación eficaz si los distintos agentes anteponen sus propios intereses de forma independiente. Por consiguiente, se requieren respuestas cooperativas,

en particular de cooperación internacional, para mitigar de forma eficaz las emisiones de GEI y abordar otros problemas del cambio climático. La eficacia de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, incluso hecha de la cooperación internacional. Los datos sugieren que los resultados que se consideran equitativos pueden desencadenar una cooperación más eficaz. {3.1}

### RRP 3.2 Riesgos del cambio climático reducidos mediante la adaptación y la mitigación

**Sin nuevos esfuerzos de mitigación al margen de los que existen en la actualidad, e incluso llevando a cabo una labor de adaptación, a finales del siglo XXI el calentamiento provocará un riesgo alto a muy alto de impactos graves, generalizados e irreversibles a nivel mundial (*nivel de confianza alto*). La mitigación implica cierto nivel de cobeneficios y riesgos debido a los efectos colaterales adversos, pero dichos riesgos no entrañan la misma posibilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles que los riesgos del cambio climático, lo que hace que aumenten los beneficios de los esfuerzos de mitigación a corto plazo. {3.2, 3.4}**

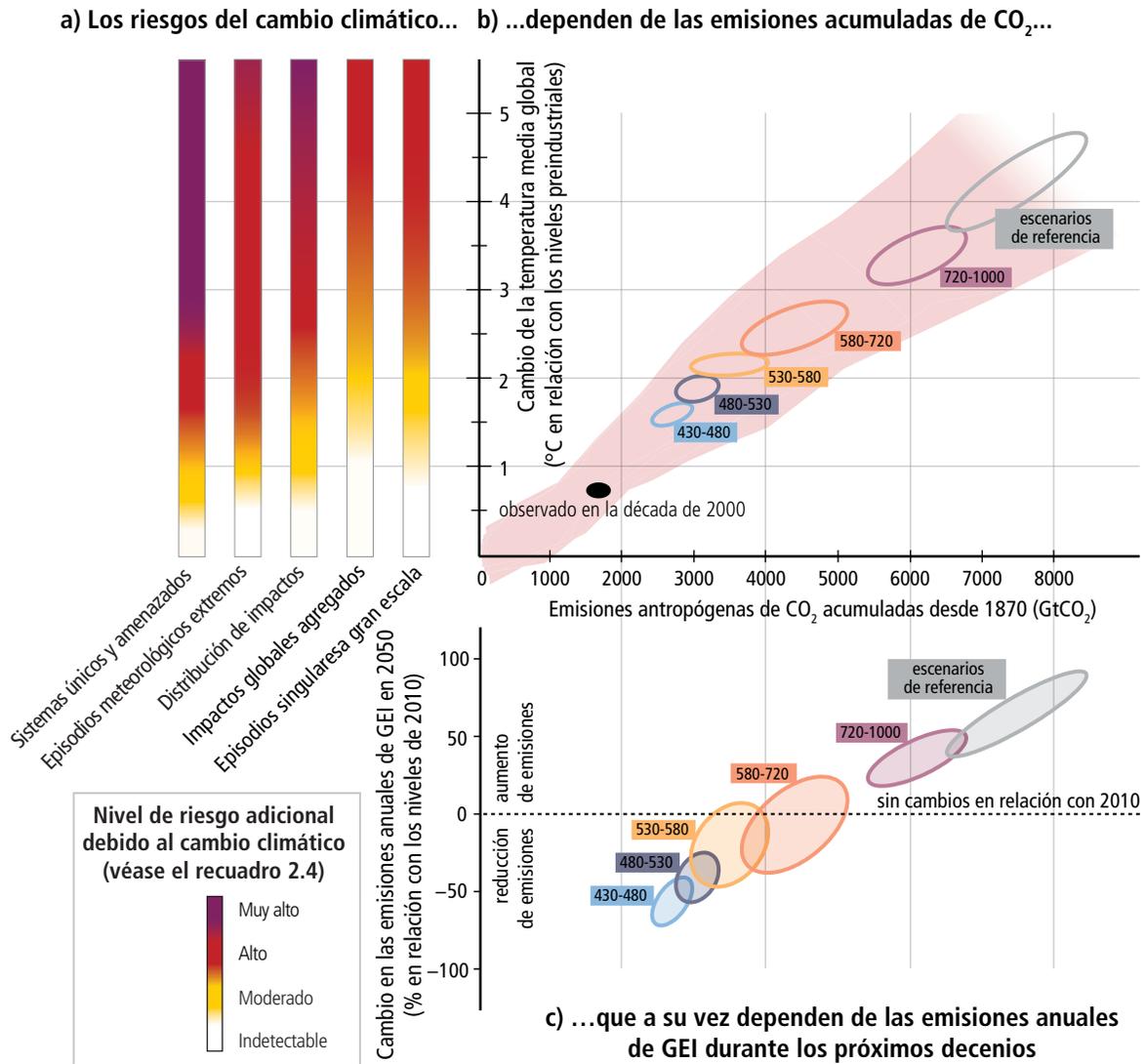
La mitigación y la adaptación son enfoques complementarios para reducir los riesgos de los impactos del cambio climático a lo largo de distintas escalas temporales (*nivel de confianza alto*). La mitigación, a corto plazo y a lo largo del siglo, puede reducir sustancialmente los impactos del cambio climático en las últimas décadas del siglo XXI y posteriormente. Los beneficios de la adaptación ya se pueden concretar al abordarse los riesgos actuales y pueden obtenerse en el futuro si se abordan los riesgos en gestación. {3.2, 4.5}

Hay cinco motivos de preocupación que incrementan los riesgos del cambio climático y describen las implicaciones del calentamiento y de los límites de la adaptación para las personas, las economías y los ecosistemas entre sectores y regiones. Los cinco motivos de preocupación se asocian con: 1) Sistemas únicos y amenazados, 2) Episodios meteorológicos extremos, 3) Distribución de los impactos, 4) Impactos totales a nivel global, y 5) Episodios singulares a gran escala. En este informe, los motivos de preocupación proporcionan información pertinente para el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). {recuadro 2.4}

Sin nuevos esfuerzos de mitigación al margen de los que existen en la actualidad, e incluso llevando a cabo una labor de adaptación, a finales del siglo XXI el calentamiento provocará un riesgo alto a muy alto de impactos graves, generalizados e irreversibles a nivel mundial (*nivel de confianza alto*) (figura RRP.10). En la mayoría de los escenarios sin esfuerzos de mitigación adicionales (en los que se llega a 2100 con concentraciones atmosféricas superiores a 1 000 ppm CO<sub>2</sub>-eq), es *más probable que improbable* que en 2100 el calentamiento supere en 4 °C los niveles preindustriales (cuadro RRP.1). Los riesgos asociados a un ascenso de 4 °C o más de las temperaturas conllevan importantes extinciones de especies, inseguridad alimentaria mundial y regional, limitaciones para actividades humanas normales y capacidad potencial limitada para la adaptación en algunos casos (*nivel de confianza alto*). Varios riesgos asociados al cambio climático, como los riesgos para sistemas únicos y amenazados y los riesgos asociados a los fenómenos meteorológicos extremos, presentan un carácter moderado a alto a temperaturas entre 1 °C y 2 °C por encima de los niveles preindustriales. {2.3, figura 2.5, 3.2, 3.4, recuadro 2.4, cuadro RRP.1}

Si se recortan drásticamente las emisiones de GEI durante los próximos decenios se pueden reducir notablemente los riesgos que entraña el cambio climático al limitarse el calentamiento en la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente. Las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente. La contención de los riesgos asociados a todos los motivos de preocupación implicaría limitar las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub>, para lo cual sería necesario que a partir de un cierto momento las emisiones netas globales de CO<sub>2</sub> fueran nulas y se restringieran las emisiones anuales durante los próximos decenios (figura RRP.10) (*nivel de confianza alto*). Pero algunos riesgos del cambio climático son inevitables, incluso con mitigación y adaptación. {2.2.5, 3.2, 3.4}

La mitigación lleva aparejado cierto nivel de cobeneficios y riesgos, pero esos riesgos no entrañan la misma posibilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles que los riesgos del cambio climático. La inercia en los sistemas económico y climático y la posibilidad de que se produzcan impactos irreversibles derivados del cambio climático aumentan los beneficios de los esfuerzos de mitigación a corto plazo (*nivel de confianza alto*). Las demoras en la mitigación adicional o los obstáculos a determinadas alternativas tecnológicas hacen que aumenten los costos de mitigación a largo plazo para mantener los riesgos del cambio climático a un nivel determinado (cuadro RRP.2). {3.2, 3.4}



**Figura RRP.10** | Relación entre los riesgos del cambio climático, el cambio de temperatura, las emisiones acumuladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para 2050. La contención de los riesgos asociados a todos los motivos de preocupación (a) implicaría limitar las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> (b), lo que restringiría las emisiones anuales de GEI durante los próximos decenios (c). En el gráfico a se reproducen los cinco motivos de preocupación (recuadro 2.4). En el gráfico b se vinculan los cambios de temperatura a las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> (en GtCO<sub>2</sub>), desde 1870. Se basan en simulaciones de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelo acoplados (CMIP5) (penacho rosa) y en un modelo climático sencillo (promedio de la respuesta climática en 2100) para los escenarios de referencia y cinco categorías de escenarios de mitigación (seis elipses). En la figura RRP.5 se proporciona más información. En el gráfico c figura la relación entre las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> (en GtCO<sub>2</sub>) de las categorías de escenarios y el cambio resultante en las emisiones anuales de GEI para 2050, expresado en forma de variación porcentual (en porcentaje de GtCO<sub>2</sub>-equivalente por año) con respecto al año 2010. Las elipses corresponden a las mismas categorías de escenarios que figuran en el gráfico b y se elaboran mediante un método similar (véase más información en la figura RRP.5). (figura 3.1)

### RRP 3.3 Características de las trayectorias de adaptación

La adaptación puede hacer que los riesgos de impactos del cambio climático disminuyan, pero su eficacia es limitada, especialmente para las mayores magnitudes y ritmos del cambio climático. Desde una perspectiva a largo plazo, y en el contexto del desarrollo sostenible, la probabilidad de que la adopción de más medidas inmediatas de adaptación redunde también en mejores opciones y preparación en el futuro es mayor. {3.3}

La adaptación puede contribuir al bienestar de las poblaciones, la seguridad de los activos y el mantenimiento de los bienes, las funciones y los servicios ecosistémicos actuales y futuros. La adaptación es específica por lo que se refiere al lugar y el contexto (nivel de confianza alto). 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*). La integración de la adaptación en la planificación, inclusión hecha del diseño de políticas, y la toma de decisiones pueden promover sinergias con el desarrollo y la reducción de los riesgos de desastre. Es fundamental fortalecer la capacidad de adaptación para la selección y la realización eficaces de las opciones de adaptación (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). {3.3}

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 marcos de información, de políticas y jurídicos, y 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 en la gestión de la financiación y la información en el relación con el riesgo (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {3.3}

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 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 existentes. Integrar dichas formas de conocimiento en las prácticas aumenta la eficacia de la adaptación. {3.3}

Numerosas limitaciones pueden interactuar entre sí y obstaculizar la planificación y la 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; integración o coordinación limitada 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. Otras limitaciones son la insuficiente investigación, vigilancia y observación y la insuficiencia de financiación para su mantenimiento. {3.3}

Cuanto mayor sea el ritmo y la magnitud del cambio climático, más aumentan las probabilidades de que se superen los límites de la adaptación (*nivel de confianza alto*). Aparecen límites a la adaptación por la interacción entre el cambio climático y las carencias biofísicas o socioeconómicas. Además, una deficiente planificación o realización, que haga excesivo hincapié en los resultados a corto plazo o no anticipe adecuadamente las consecuencias, puede tener como consecuencia una adaptación incorrecta, lo que aumentaría la vulnerabilidad o exposición del grupo objetivo en el futuro o la vulnerabilidad de otros grupos de población, lugares o sectores (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Subestimar la complejidad de la adaptación como proceso social puede crear expectativas irreales sobre el logro de los resultados de adaptación perseguidos. {3.3}

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 escasas 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 gracias a 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. {3.3}

Las transformaciones en las decisiones y medidas de orden económico, social, tecnológico y político pueden mejorar la adaptación y promover el desarrollo sostenible (*nivel de confianza alto*). A nivel nacional, se considera que la transformación es más eficaz si refleja las visiones y enfoques propios de un país para lograr el desarrollo sostenible conforme a sus circunstancias y prioridades nacionales. Restringir las respuestas de adaptación a cambios graduales en los sistemas y estructuras existentes sin tomar en consideración el cambio transformacional puede provocar un aumento de los costos y las pérdidas y el desperdicio de oportunidades. La planificación y realización de la adaptación transformacional puede reflejar paradigmas reforzados, modificados o armonizados y, por consiguiente, puede exigir nuevas y mayores demandas a las estructuras de gobernanza al objeto de conciliar distintos objetivos y visiones para el futuro y de abordar posibles consecuencias en materia de equidad y ética. Las trayectorias de adaptación se promueven mediante el aprendizaje iterativo, los procesos deliberativos y la innovación. {3.3}

## RRP 3.4 Características de las trayectorias de mitigación

Hay muchas trayectorias de mitigación que es *probable* que limiten el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Esas trayectorias requerirían reducciones notables de las emisiones durante los próximos decenios y emisiones próximas a cero de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero de larga vida para finales de siglo. La realización de dichas reducciones plantea retos tecnológicos, económicos, sociales e institucionales de consideración, que aumentan con los retrasos en la mitigación adicional y si no están disponibles las tecnologías esenciales. Limitar el calentamiento a niveles más bajos o más altos conlleva retos similares pero en distintas escalas temporales. {3.4}

RRP

Si no se realizan esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) aparte de los ya desplegados actualmente, se prevé que persistirá el crecimiento de las emisiones impulsado por el crecimiento de la población mundial y las actividades económicas. Los aumentos en la temperatura media global en superficie en 2100 en los escenarios de referencia —sin mitigación adicional— abarcan desde 3,7 °C hasta 4,8 °C por encima del promedio de 1850-1900 para la respuesta climática media. El rango es de 2,5 °C a 7,8 °C cuando está comprendida la incertidumbre climática (intervalo comprendido entre los percentiles 5 y 95) (*nivel de confianza alto*). {3.4}

Es *probable* que los escenarios que dan lugar a concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente en 2100 de aproximadamente 450 ppm o inferiores mantengan el calentamiento por debajo de los 2 °C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales<sup>15</sup>. Estos escenarios se caracterizan por una reducción de las emisiones antropógenas globales de GEI entre el 40% y el 70% para 2050 en comparación con 2010<sup>16</sup>, y niveles de emisiones próximos a cero o inferiores en 2100. En los escenarios de mitigación en los que se alcanzan niveles de concentración de 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente, en 2100 es *más probable que improbable* que el cambio de temperatura sea inferior a 2 °C, salvo que temporalmente se sobrepasen niveles de concentración de 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente, antes de 2100, en cuyo caso, es *tan probable como improbable* que se alcance ese objetivo. En los escenarios en los que se alcanzan niveles de concentración de 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq, los niveles de emisiones globales en 2050 son entre un 25% y un 55% inferiores que en 2010. Los escenarios en los que se alcanzan emisiones superiores en 2050 se caracterizan por una mayor dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono después de mitad de siglo (y viceversa). Las trayectorias en que es *probable* que se limite el calentamiento a 3 °C en relación con los niveles preindustriales reducen las emisiones con menor prontitud que los que limitan el calentamiento a 2 °C. Solo un número limitado de estudios proporcionan escenarios en que es *más probable que improbable* limitar el calentamiento a 1,5 °C en 2100; dichos escenarios se caracterizan por concentraciones inferiores a 430 ppm CO<sub>2</sub>-eq para 2100 y una reducción de emisiones en 2050 entre el 70% y el 95% con respecto a 2010. Para consultar un análisis completo de las características de los escenarios de emisiones, sus concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente y su probabilidad de limitar el calentamiento por debajo de un rango de niveles de temperatura, véanse la figura RRP.11 y el cuadro RRP.1. {3.4}

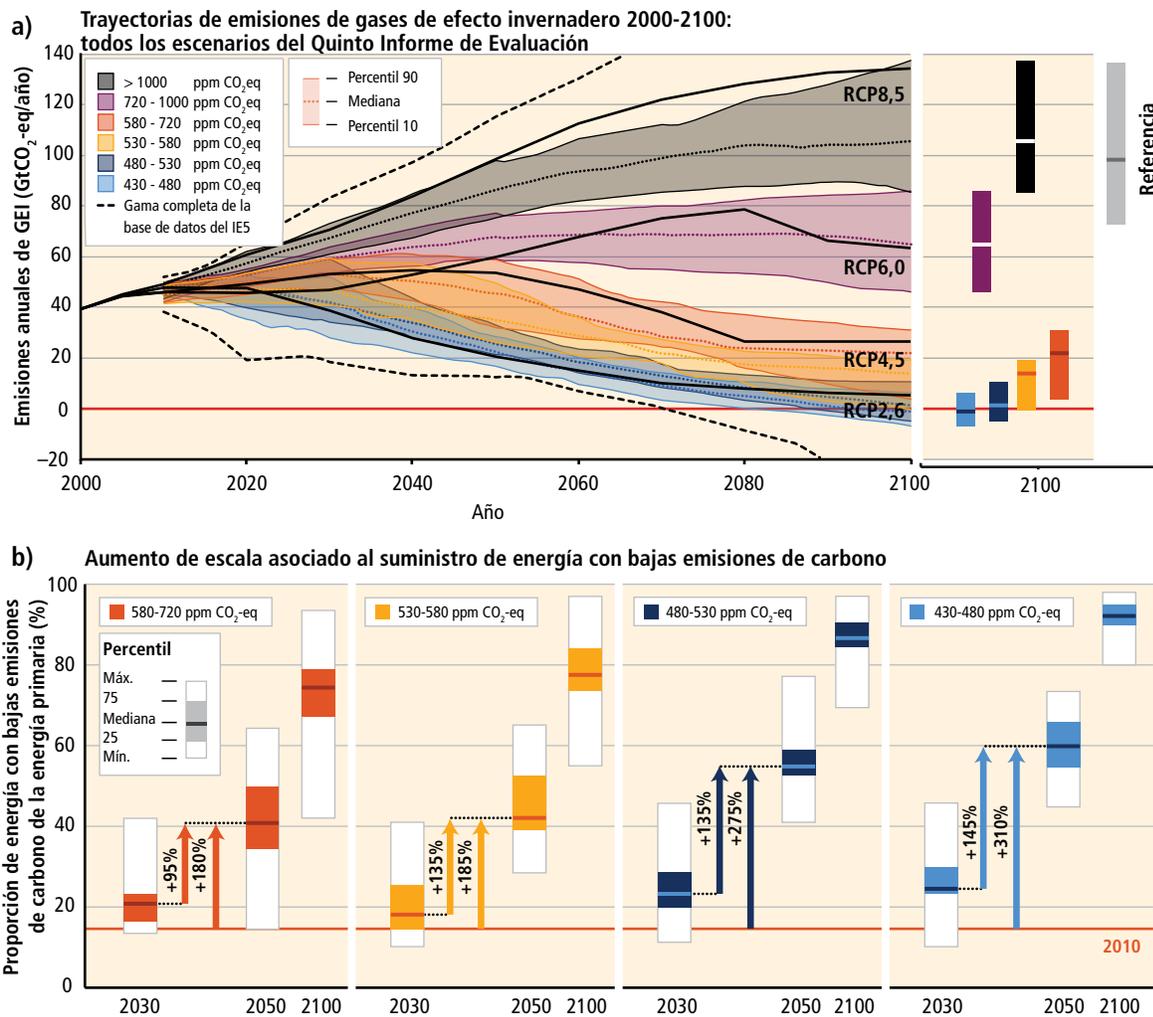
Los escenarios de mitigación que alcanzan en torno a los 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 (coherente con una posibilidad *probable* de mantener el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales) normalmente conllevan sobrepasos temporales<sup>17</sup> de las concentraciones atmosféricas, al igual que ocurre con muchos escenarios en los que se alcanzan entre 500 y 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente, en 2100 (cuadro RRP.1). En función del nivel de sobrepaso, los escenarios de sobrepaso suelen depender de la disponibilidad y la implantación generalizada de bioenergía con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) y de forestación en la segunda mitad del siglo. La disponibilidad y la escala de estas y otras tecnologías y métodos de remoción de dióxido de carbono son inciertas y estas tecnologías están, en diversa medida, asociadas con desafíos y riesgos<sup>18</sup>. La remoción de dióxido de carbono también es dominante en muchos escenarios en los que no se sobrepasan los niveles de concentración para compensar las emisiones residuales procedentes de sectores donde la mitigación es más onerosa (*nivel de confianza alto*). {3.4, recuadro 3.3}

<sup>15</sup> A efectos comparativos, se estima que la concentración de CO<sub>2</sub>-eq en 2011 es de 430 ppm (intervalo de incertidumbre de 340 a 520 ppm).

<sup>16</sup> Dicho rango difiere del facilitado para una categoría de concentraciones similares en el IE4 (reducción de entre el 50% y el 85% en relación con 2000 solo para el CO<sub>2</sub>). Entre las razones que justifican esta diferencia cabe señalar que en el presente informe se ha analizado un número de escenarios considerablemente mayor que en el IE4 y que se tienen en cuenta todos los GEI. Asimismo, gran parte de los nuevos escenarios incluyen tecnologías de remoción de dióxido de carbono (véase más adelante). Otros factores son el uso de niveles de concentración para 2100 en lugar de niveles de estabilización y la modificación del año de referencia, que pasa a ser 2010 en lugar de 2000.

<sup>17</sup> En escenarios en los que se sobrepasan las concentraciones, estas llegan a su punto máximo a lo largo del siglo y posteriormente descienden.

<sup>18</sup> Los métodos de remoción de dióxido de carbono presentan limitaciones biogeoquímicas y tecnológicas para el aprovechamiento de todo su potencial a escala mundial. No se dispone de suficientes conocimientos para cuantificar la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que se podrían compensar parcialmente con los métodos de remoción en una escala secular. Los métodos de remoción pueden tener efectos adversos y consecuencias a largo plazo a escala mundial.



**Figura RRP.11** | Emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO<sub>2</sub>-equivalente por año, GtCO<sub>2</sub>-eq/año) en los escenarios de referencia y de mitigación para distintos niveles de concentración a largo plazo (a) y asociadas a requisitos de ampliación de escala del suministro energético que emite bajos niveles de carbono (% de energía primaria) para 2030, 2050 y 2100, en comparación con los niveles de 2010, en escenarios de mitigación (b). {figura 3.2}

Reducir las emisiones de los agentes distintos del CO<sub>2</sub> puede ser un elemento importante de las estrategias de mitigación. Todas las emisiones de GEI actuales y los demás agentes de forzamiento influyen en el ritmo y la magnitud que tendrá el cambio climático durante los próximos decenios, si bien el calentamiento a largo plazo se debe principalmente a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las emisiones de agentes de forzamiento distintos del CO<sub>2</sub> a menudo se conocen como “emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente”, pero la elección de la métrica para calcular esas emisiones, y las consecuencias para el énfasis y el momento del declive de los distintos agentes de forzamiento climático, depende de la aplicación y el contexto de las políticas y conlleva juicios de valor. {3.4, recuadro 3.2}

El retraso de la mitigación adicional hasta 2030 aumentará notablemente los retos asociados a limitar el calentamiento durante el siglo XXI por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Ello exigirá tasas considerablemente más altas de reducción de las emisiones entre 2030 y 2050; un avance mucho más rápido del suministro energético con bajas emisiones de carbono durante ese período; una mayor dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono a largo plazo; y mayores repercusiones económicas graduales y a largo plazo. Los niveles de emisiones mundiales estimados para 2020 sobre la base de los Compromisos de Cancún no son coherentes con las trayectorias de mitigación a largo plazo y costo-efectivas en las que, como mínimo, es *tan probable como improbable* que se limite el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales, pero no excluyen la opción de cumplir ese objetivo (*nivel de confianza alto*) (figura RRP.12, cuadro RRP.2). {3.4}

**Cuadro RRP.1** | Principales características de los escenarios recopilados y analizados por el GTIII IE5. Se muestra el intervalo entre los percentiles 10 y 90 de los escenarios para todos los parámetros <sup>a</sup>. [Cuadro 3.1]

Concentraciones de CO <sub>2</sub> -eq en 2100 (ppm CO <sub>2</sub> -eq) <sup>f</sup> Categoría (rango de concentraciones)	Subcategorías	Posición relativa de las RCP <sup>d</sup>	Cambio en las emisiones de CO <sub>2</sub> -eq en comparación con 2010 (en %) <sup>c</sup>		Probabilidad de que no se supere un nivel de temperatura específico a lo largo del siglo XXI (en relación con 1850-1900) <sup>d, e</sup>			
			2050	2100	1,5 °C	2 °C	3 °C	4 °C
<430	Los niveles por debajo de las 430 ppm CO <sub>2</sub> -eq solo se han analizado en un escaso número de estudios de modelos <sup>g</sup>							
450 (430 a 480)	Rango total <sup>a, g</sup>	RCP2,6	-72 a -41	-118 a -78	Más improbable que probable	Probable	Probable	Probable
500 (480 a 530)	Sin sobrepaso de 530 ppm CO <sub>2</sub> -eq		-57 a -42	-107 a -73	Improbable	Más probable que improbable		
	Sobrepaso de 530 ppm CO <sub>2</sub> -eq		-55 a -25	-114 a -90		Tan probable como improbable		
550 (530 a 580)	Sin sobrepaso de 580 ppm CO <sub>2</sub> -eq		-47 a -19	-81 a -59		Más improbable que probable <sup>i</sup>		
	Sobrepaso de 580 ppm CO <sub>2</sub> -eq		-16 a 7	-183 a -86				
(580 a 650)	Rango total	RCP4,5	-38 a 24	-134 a -50	Improbable	Más probable que improbable		
(650 a 720)	Rango total		-11 a 17	-54 a -21		Más improbable que probable		
(720 a 1000) <sup>b</sup>	Rango total	RCP6,0	18 a 54	-7 a 72	Improbable <sup>h</sup>	Improbable	Más improbable que probable	
>1000 <sup>b</sup>	Rango total	RCP8,5	52 a 95	74 a 178		Improbable	Improbable	Más improbable que probable

Notas:

<sup>a</sup> El "rango total" para los escenarios de concentraciones de 430 a 480 ppm CO<sub>2</sub>-eq corresponde al intervalo comprendido entre los percentiles 10 y 90 de la subcategoría de esos escenarios que figura en el cuadro 6.3 del informe del Grupo de trabajo III.

<sup>b</sup> Los escenarios de referencia se enmarcan en las categorías de más de 1 000 ppm CO<sub>2</sub>-eq y de entre 720 y 1 000 ppm CO<sub>2</sub>-eq. Esta segunda categoría incluye asimismo escenarios de mitigación. Los escenarios de referencia de dicha categoría alcanzan un cambio de temperatura en 2100 de 2,5-5,8 °C por encima del nivel del período 1850-1900. Junto con los escenarios de referencia en la categoría de >1 000 ppm CO<sub>2</sub>-eq, esto da lugar a un rango de temperaturas en 2100 de 2,5-7,8 °C (rango basado en el promedio de la respuesta climática: 3,7-4,8 °C) para los escenarios de referencia de todas las categorías de concentraciones.

<sup>c</sup> Las emisiones mundiales de 2010 superan en un 31% a las de 1990 (cifra congruente con las estimaciones de las emisiones históricas de GEI presentadas en el presente informe). Las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente incluyen el conjunto de los gases enumerados en el Protocolo de Kyoto (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y gases fluorados).

<sup>d</sup> Aquí la evaluación comprende un elevado número de escenarios publicados en la literatura científica y por tanto no se limita a las trayectorias de concentración representativas (RCP). Para evaluar la concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente y las consecuencias climáticas de estos escenarios, se utilizó el Modelo de evaluación del cambio climático causado por los GEI (MAGICC) en modo probabilístico. Para consultar una comparación entre los resultados del modelo MAGICC y los resultados de los modelos utilizados por el Grupo de trabajo I, véase GTI 12.4.1.2, 12.4.8 y GTIII 6.3.2.6.

<sup>e</sup> La evaluación en este cuadro se basa en las probabilidades calculadas para el conjunto completo de escenarios contemplados por el GTIII IE5 utilizando el modelo MAGICC y la evaluación del Grupo de trabajo I de la incertidumbre de las proyecciones de la temperatura no abarcadas por los modelos climáticos. Por consiguiente, las afirmaciones son coherentes con las del Grupo de trabajo I, que están basadas en las ejecuciones CMIP5 de las RCP y las incertidumbres evaluadas. De ahí que las afirmaciones sobre la probabilidad reflejen diferentes líneas de evidencia en ambos Grupos de trabajo. El método del Grupo de trabajo I también se aplicó a los escenarios con niveles de concentración intermedios en los que no se disponía de ninguna ejecución CMIP5. Las afirmaciones sobre la probabilidad solo tienen carácter indicativo [GTIII 6.3] y siguen en líneas generales los términos utilizados por el GTI RRP para las proyecciones de temperatura, a saber: probable (66-100%), más probable que improbable (>50-100%), tan probable como improbable (33-66%), e improbable (0-33%). Además se utiliza el término más improbable que probable (0-<50%).

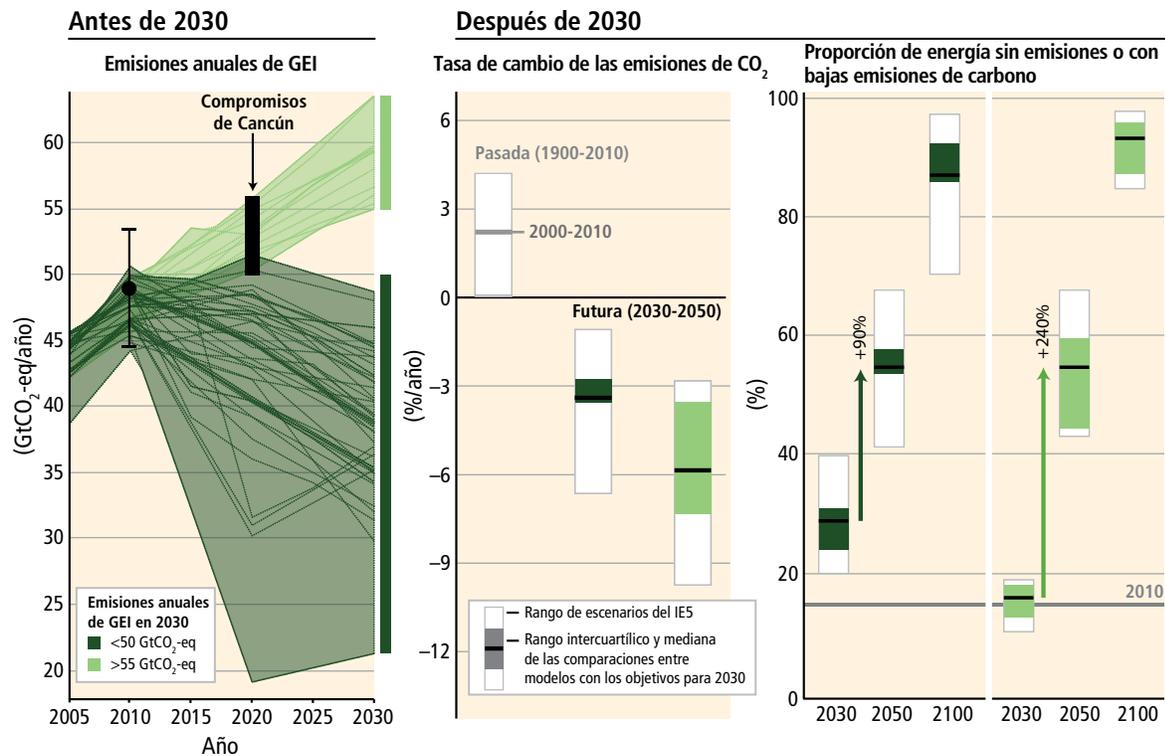
<sup>f</sup> La concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente (véase el glosario) se calcula sobre la base del forzamiento total de un ciclo del carbono sencillo/modelo climático, MAGICC. Se estima que la concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente en 2011 era de 430 ppm (rango de incertidumbre de 340 a 520 ppm). Esta cifra se basa en la evaluación del forzamiento radiativo antropógeno total para 2011 respecto de 1750 del Grupo de trabajo I, es decir, 2,3 W/m<sup>2</sup>, rango de incertidumbre de 1,1 a 3,3 W/m<sup>2</sup>.

<sup>g</sup> La inmensa mayoría de escenarios de esta categoría sobrepasa el límite de la categoría de concentración de 480 ppm CO<sub>2</sub>-eq.

<sup>h</sup> Para los escenarios de esta categoría, no hay ninguna ejecución CMIP5 ni ninguna realización MAGICC por debajo del respectivo nivel de temperatura. Aun así, con la asignación *improbable* se reflejan las incertidumbres que pudieran no ser contempladas por los modelos climáticos utilizados.

<sup>i</sup> Los escenarios de la categoría 580-650 ppm CO<sub>2</sub>-eq comprenden tanto escenarios que sobrepasan el nivel de concentración como escenarios que no lo sobrepasan en el extremo superior de la categoría (como RCP4,5). La probabilidad obtenida de la evaluación del segundo tipo de escenarios es, en general, de *más improbable que probable* con respecto a que el nivel de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C, mientras que, conforme a la evaluación mayoritaria del primer tipo de escenarios, es *improbable* que se mantenga por debajo de ese nivel.

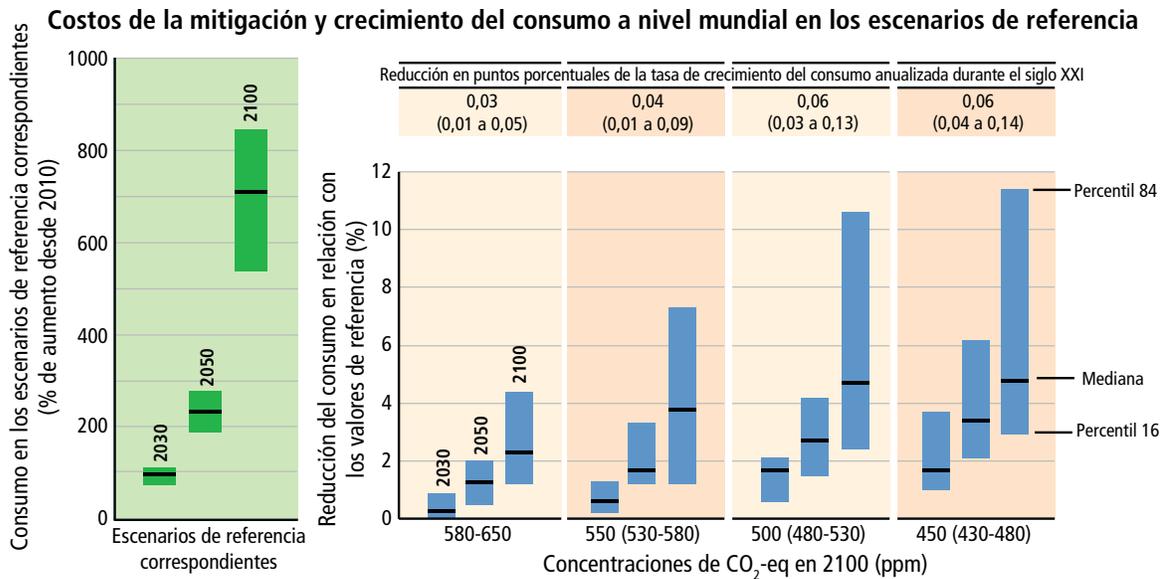
<sup>j</sup> En estos escenarios, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>-equivalente en 2050 serán inferiores a las de 2010 entre un 70% y un 95%, y, en 2100, entre un 110% y un 120%.



**Figura RRP.12** | Consecuencias de los distintos niveles de emisiones de GEI en 2030 para la tasa de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el aumento de la energía de bajas emisiones de carbono en los escenarios de mitigación en los que es, por lo menos, *tan probable como improbable* mantener el calentamiento durante el siglo XXI por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales (concentraciones de 430 a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100). Los escenarios se agrupan conforme a diferentes niveles de emisiones para 2030 (coloreados en distintos tonos de verde). El gráfico de la izquierda muestra las trayectorias de las emisiones de GEI (GtCO<sub>2</sub>-equivalente/año) que conducen a esos niveles en 2030. El punto negro con bigotes verticales muestra los niveles históricos de emisiones de GEI y las incertidumbres asociadas en 2010 como aparece en la figura RRP.2. La barra de color negro muestra el intervalo de incertidumbres estimado correspondiente a las emisiones de GEI derivadas de los Compromisos de Cancún. El gráfico central muestra el promedio de las tasas de reducción de las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> para el período 2030-2050. Compara la mediana y el rango intercuartílico de los distintos escenarios de las recientes comparaciones entre modelos con objetivos explícitos provisionales para 2030 con el rango de escenarios de la base de datos de escenarios utilizados por el Grupo de trabajo III para el Quinto Informe de Evaluación. También se muestran las tasas anuales de la variación de las emisiones históricas (mantenida durante un período de 20 años) así como el promedio del cambio de las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> entre 2000 y 2010. Las flechas en el gráfico de la derecha muestran la magnitud del aumento del suministro de energía sin emisiones o con bajas emisiones de carbono de 2030 a 2050 en función de distintos niveles de emisiones de GEI en 2030. El suministro de energía sin emisiones o con bajas emisiones de carbono comprende las energías renovables, la energía nuclear, la energía fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) y bioenergía con CAC (BECCS). [Nota: Únicamente se muestran los escenarios que aplican el conjunto completo de tecnologías de mitigación sin restricciones de los modelos subyacentes (supuesto de uso por defecto de las tecnologías). Se excluyen los escenarios que contemplan amplias emisiones globales negativas netas (>20 GtCO<sub>2</sub>-eq/año), los escenarios basados en supuestos de precios del carbono exógeno, y los escenarios con emisiones en 2010 muy alejadas del rango histórico.] {figura 3.3}

Las estimaciones de los costos económicos acumulados de la mitigación varían ampliamente y son muy sensibles a las metodologías y los supuestos, pero aumentan con la rigurosidad de la mitigación. Los escenarios en que en todos los países del mundo se comienza la mitigación inmediatamente, se aplica un único precio mundial a las emisiones de carbono y están disponibles todas las tecnologías clave se han utilizado como una referencia de costo-efectividad para el cálculo de los costos macroeconómicos de la mitigación (figura RRP.13). Bajo estos supuestos, los escenarios de mitigación en los que es *probable* que se limite el calentamiento por debajo de 2°C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales implican pérdidas en el consumo global —no se contemplan los beneficios de un cambio climático reducido ni tampoco los cobeneficios ni los efectos colaterales adversos de la mitigación— de entre el 1% y el 4% (mediana: 1,7%) en 2030, de entre el 2% y el 6% (mediana: 3,4%) en 2050, y de entre el 3% y el 11% (mediana: 4,8%) en 2100 en relación con el consumo en los escenarios de referencia en los que este crece en todas partes entre el 300% y más del 900% a lo largo del siglo (figura RRP.13). Estas cifras corresponden a una reducción anual del crecimiento del consumo entre 0,04 y 0,14 puntos porcentuales (mediana: 0,06) a lo largo del siglo en relación con el crecimiento anual del consumo de referencia, que se encuentra entre el 1,6% y el 3% anual (*nivel de confianza alto*). {3.4}

En ausencia de tecnologías de mitigación (como la bioenergía, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono y su combinación BECCS, la tecnología nuclear, y las tecnologías eólica y solar) o en condiciones de disponibilidad limitada, los



**Figura RRP.13** | Costos globales de la mitigación en escenarios costo-efectivos a distintos niveles de concentraciones atmosféricas en 2100. Los escenarios costo-efectivos suponen la mitigación inmediata en todos los países y un único precio mundial a las emisiones de carbono, y no imponen ninguna limitación adicional a la tecnología en relación con supuestos de los modelos de uso por defecto de las tecnologías. Las pérdidas de consumo se muestran en relación con una evolución de referencia sin política climática (cuadro de la izquierda). El cuadro de la parte superior muestra el porcentaje de reducciones del crecimiento del consumo anualizadas en relación con el crecimiento del consumo de referencia, que es de entre el 1,6% y el 3% anual (p. ej., si la reducción es del 0,06% por año debido a la mitigación y el crecimiento de referencia es del 2,0% por año, la tasa de crecimiento con mitigación sería del 1,94% por año). Las estimaciones de costos presentadas en este cuadro no consideran los beneficios de un cambio climático reducido ni los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación. Las estimaciones en el extremo superior de estos rangos de costos corresponden a modelos que son relativamente inflexibles en el logro de las profundas reducciones de las emisiones que se requieren a largo plazo para cumplir estos objetivos, o contemplan supuestos sobre imperfecciones del mercado que provocarían aumentos en los costos. {figura 3.4}

costos de la mitigación pueden aumentar considerablemente dependiendo de la tecnología considerada. El retraso en la mitigación adicional hace que aumenten los costos de la mitigación a medio y largo plazo. Muchos modelos no pueden limitar el calentamiento *probable* a menos de 2 °C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales si la mitigación adicional se retrasa considerablemente. Asimismo, muchos modelos no pueden limitar el calentamiento *probable* a menos de 2 °C si la bioenergía, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono, y su combinación (BECCS), están limitadas (*nivel de confianza alto*) (cuadro RRP.2). {3.4}

Los escenarios de mitigación en los que se alcanzan aproximadamente 450 o 500 ppm CO<sub>2</sub>eq en 2100 presentan costos reducidos para lograr objetivos de calidad del aire y seguridad energética, con importantes cobeneficios para la salud humana, los impactos ecosistémicos y la suficiencia de recursos y resiliencia del sistema energético. {4.4.2.2}

La política de mitigación podría hacer que se devaluaran los activos de combustibles fósiles y se redujeran los ingresos de sus exportadores, pero existen diferencias en función de las regiones y los combustibles de que se trate (*nivel de confianza alto*). La mayoría de los escenarios de mitigación están asociados con ingresos reducidos procedentes del comercio del carbón y el petróleo para los grandes exportadores (*nivel de confianza alto*). La disponibilidad de captura y almacenamiento de dióxido de carbono reduciría los efectos adversos de la mitigación sobre el valor de los recursos de combustibles fósiles (*nivel de confianza medio*). {4.4.2.2}

La gestión de la radiación solar aplica métodos a gran escala cuyo objetivo es reducir la cantidad de energía solar absorbida en el sistema climático. Todavía no se ha comprobado su eficacia y no se prevé en ninguno de los escenarios de mitigación. Si se implantase, entrañaría numerosas incertidumbres, efectos colaterales, riesgos y deficiencias; su aplicación tiene implicaciones especiales de gobernanza y éticas. No lograría reducir la acidificación del océano y, en caso de que se dejara de aplicar, existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que las temperaturas superficiales aumentarían muy rápidamente, lo que tendría un impacto y podría provocar rápidas tasas de cambio. {recuadro 3.3}

**Cuadro RRP.2 |** Aumento de los costos de mitigación globales debido a la disponibilidad limitada de tecnologías específicas o a retrasos en la mitigación adicional<sup>a</sup> en relación con los escenarios costo-efectivos<sup>b</sup>. Se indica el incremento de los costos para la estimación de la mediana y el intervalo comprendido entre los percentiles 16 y 84 de los escenarios (en paréntesis)<sup>c</sup>. Además, el tamaño de la muestra de cada conjunto de escenarios se indica en los símbolos en color. Los colores de los símbolos indican la parte proporcional de los modelos tomada de los ejercicios de comparación sistemática de los modelos que pueden alcanzar satisfactoriamente el nivel de concentración objetivo. *[cuadro 3.2]*

Incrementos de los costos de mitigación en escenarios con disponibilidad limitada de tecnologías <sup>d</sup>					Incrementos en los costos de mitigación a raíz del retraso de la mitigación adicional hasta 2030	
[% de aumento en los costos de mitigación descontados <sup>e</sup> totales (2015-2100) en relación con los supuestos de uso por defecto de la tecnología]					[% de aumento en los costos de mitigación en relación con la mitigación inmediata]	
2100 concentraciones (en ppm CO <sub>2</sub> -eq)	sin CCA	eliminación gradual de la energía nuclear	energía solar/energía eólica limitada	bioenergía limitada	costos a medio plazo (2030-2050)	costos a largo plazo (2050-2100)
450 (430 to 480)	138% (del 29% al 297%) 	7% (del 4% al 18%) 	6% (del 2% al 29%) 	64 (del 44% al 78%) 	44% (del 2% al 78%) 	37% (del 16% al 82%) 
500 (480 a 530)	no disponible (nd)	nd	nd	nd		
550 (530 a 580)	39% (del 18% al 78%) 	13% (del 2% al 23%) 	8% (del 5% al 15%) 	18% (del 4% al 66%) 	15% (del 3% al 32%)	16% (del 5% al 24%)
580 a 650	nd	nd	nd	nd		
<b>Leyenda de los símbolos: parte proporcional de los modelos que genera escenarios satisfactoriamente (las cifras indican el número de modelos satisfactorios)</b>						
 : todos los modelos satisfactorios			 : entre un 50% y un 80% de modelos satisfactorios			
 : entre un 80% y un 100% de modelos satisfactorios			 : menos del 50% de modelos satisfactorios			

Notas:

<sup>a</sup> Los escenarios con un retraso en la mitigación se asocian a una emisión de gases de efecto invernadero superior a 55 GtCO<sub>2</sub>-eq en 2030, y el incremento en los costos de mitigación se mide en relación con los escenarios de mitigación costo-efectivos para el mismo nivel de concentraciones a largo plazo.

<sup>b</sup> Los escenarios costo-efectivos suponen la mitigación inmediata en todos los países y un único precio mundial a las emisiones de carbono, y no imponen ninguna limitación adicional a la tecnología en relación con supuestos de los modelos de uso por defecto de las tecnologías.

<sup>c</sup> El intervalo está determinado por los escenarios centrales que abarcan el intervalo comprendido entre los percentiles 16 y 84 del conjunto de escenarios. Solo se incluyen aquellos escenarios cuyo horizonte temporal abarca hasta 2100. Algunos modelos que están comprendidos en los rangos de costos correspondientes a niveles de concentración superiores a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 no pudieron producir escenarios asociados correspondientes a niveles de concentración inferiores a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 con supuestos relativos a la disponibilidad limitada de las tecnologías o la demora de la mitigación adicional.

<sup>d</sup> Sin CAC: en estos escenarios no se incluye la captura y almacenamiento de dióxido de carbono. Eliminación gradual de la energía nuclear: sin adición de centrales nucleares aparte de las que ya estén en construcción, y explotación de las ya existentes hasta el final de su ciclo de vida. Energía solar/eólica limitada: máximo del 20% de generación mundial de electricidad a partir de las fuentes solar y eólica en cualquier año de estos escenarios. Bioenergía limitada: máximo de 100 EJ/año de suministro mundial de bioenergía moderna (la bioenergía moderna utilizada para calefacción, electricidad, combinaciones e industria fue de alrededor de 18 EJ/año en 2008). EJ = Exajulio= 10<sup>18</sup> julios.

<sup>e</sup> Incremento porcentual del valor actual neto de las pérdidas de consumo en el porcentaje del consumo de referencia (para los escenarios de los modelos de equilibrio general) y los costos de disminución en porcentaje del producto interno bruto (PIB) de referencia (para los escenarios de los modelos de equilibrio parcial) correspondiente al período 2015-2100, descontado al 5% anual.

## RRP 4. Adaptación y mitigación

**Muchas opciones de adaptación y mitigación pueden contribuir a afrontar el cambio climático, pero ninguna de ellas basta por sí sola. Para que la implementación de las opciones sea efectiva, se necesitan políticas y cooperación en todas las escalas; y para fortalecerla, se requieren respuestas integradas que vinculen la adaptación y la mitigación con otros objetivos sociales. {4}**

### RRP 4.1 Factores propicios y limitaciones comunes de las respuestas de adaptación y mitigación

**Las respuestas de adaptación y mitigación requieren factores propicios comunes, tales como la eficacia de las instituciones y de la gobernanza, la innovación y las inversiones en tecnologías e infraestructura ambientalmente racionales, así como medios de subsistencia, y opciones de comportamientos y estilos de vida sostenibles. {4.1}**

La inercia en muchos aspectos del sistema socioeconómico limita las posibilidades de adaptación y mitigación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). La innovación y las inversiones en infraestructura y tecnologías ambientalmente racionales pueden hacer que se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y que aumente la resiliencia al cambio climático (*nivel de confianza muy alto*). {4.1}

La vulnerabilidad al cambio climático, las emisiones de GEI y la capacidad de adaptación y mitigación acusan en gran medida la influencia de los medios de subsistencia, los estilos de vida, el comportamiento y la cultura (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Asimismo, la aceptabilidad social y la eficacia de las políticas climáticas están influidas por el grado en que incentivan los cambios apropiados a nivel regional en los estilos de vida o los comportamientos o el grado en que dependen de ellos. {4.1}

En muchas regiones y sectores, el aumento de la capacidad de mitigación y adaptación es uno de los elementos clave para gestionar los riesgos del cambio climático (*nivel de confianza alto*). La mejora de las instituciones y de la coordinación y la cooperación en materia de gobernanza pueden ayudar a superar las limitaciones regionales asociadas a la mitigación, la adaptación y la reducción de riesgos de desastre (*nivel de confianza muy alto*). {4.1}

### RRP 4.2 Opciones de respuesta de la adaptación

**Existen opciones de adaptación en todos los sectores, pero su contexto de aplicación y potencial para disminuir los riesgos relacionados con el clima es diferente entre los distintos sectores y regiones. Algunas respuestas de adaptación conllevan importantes cobeneficios, sinergias y contrapartidas. Cuanto mayor sea la magnitud del cambio climático mayores serán los desafíos para muchas de las opciones de adaptación. {4.2}**

La experiencia de adaptación se va acumulando en diversas regiones en los sectores público y privado y dentro de las comunidades. Cada vez es mayor el reconocimiento del valor de las medidas sociales (en particular, locales y autóctonas), institucionales y basadas en el ecosistema, y la amplitud de las limitaciones de adaptación. La adaptación se va incorporando en algunos procesos de planificación, siendo más limitada la aplicación de respuestas (*nivel de confianza alto*). {1.6, 4.2, 4.4.2.1}

Se prevé que la necesidad de adaptación, junto con las dificultades conexas, aumentará con el cambio climático (*nivel de confianza muy alto*). Existen posibilidades de adaptación en todos los sectores y regiones, con un potencial y enfoques diversos en función de su contexto en relación con la disminución de la vulnerabilidad, la gestión de riesgos de desastre o la planificación proactiva de la adaptación (cuadro RRP.3). En las estrategias y las medidas eficaces se contemplan los cobeneficios y las oportunidades posibles en el marco de objetivos estratégicos y planes de desarrollo más amplios. {4.2}

**Cuadro RRP.3** | Enfoques para la gestión de los riesgos del cambio climático mediante la adaptación. Estos enfoques deberían considerarse de forma solapada y no como enfoques discretos, y a menudo son enfoques que se persiguen simultáneamente. Los ejemplos se presentan sin ningún orden específico y pueden ser pertinentes para más de una categoría. [Cuadro 4.2]

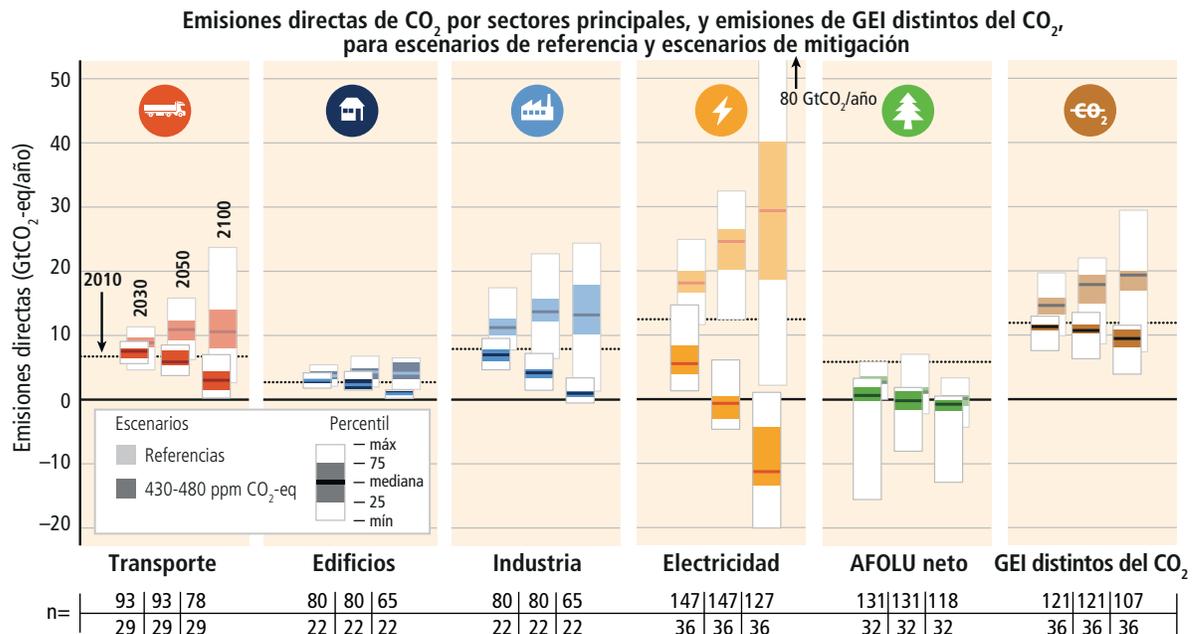
Enfoques solapados	Categoría	Ejemplos
<p><b>Reducción de la vulnerabilidad y la exposición</b> mediante desarrollo, planificación y prácticas, incluidas muchas medidas de bajo riesgo</p> <p><b>Adaptación</b> incluidos ajustes graduales y transformativos</p> <p><b>Transformación</b></p>	Desarrollo humano	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.
	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.
	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.
	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.
	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.
	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.
	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.
		<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.
		<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 ex situ; Gestión comunitaria de los recursos naturales.
		<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.
	Institucional	<b>Opciones económicas:</b> Incentivos financieros; Seguros; Bonos de catástrofe; Pago por los servicios ecosistémicos; Tarifación 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.
		<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.
		<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.
	Social	<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.
		<b>Opciones de información:</b> Elaboración de esquemas de peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana y respuesta; Vigilancia y teledetección sistemáticas; Servicios climáticos; Uso de observaciones climáticas indígenas; Composición de un escenario participativo; Evaluaciones integradas.
<b>Opciones de comportamiento:</b> Preparación de viviendas y planificación de la evaluación; Migración; Conservación del suelo y el agua; Desatascos de drenajes pluviales; Diversificación de medios de subsistencia; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.		
Esferas de cambio	<b>Práctica:</b> Innovaciones sociales y técnicas, cambios de comportamiento o cambios institucionales y de gestión que produzcan modificaciones sustanciales en los resultados.	
	<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.	
	<b>Personal:</b> Presunciones, creencias, valores y visiones del mundo individuales y colectivos que influyan en las respuestas al cambio climático.	

## RRP 4.3 Opciones de respuesta de la mitigación

Para todos los sectores principales existen opciones de mitigación. La mitigación puede ser más costo-efectiva si se utiliza un enfoque integrado que combine medidas dirigidas a reducir en los sectores de uso final el empleo de la energía y la intensidad de los gases de efecto invernadero, descarbonizar el suministro de energía, reducir las emisiones netas e impulsar los sumideros de carbono en los sectores basados en tierra. {4.3}

Para reducir las emisiones, resulta más costo-efectivo aplicar estrategias de mitigación sistémicas e intersectoriales bien diseñadas que centrarse en tecnologías y sectores concretos, ya que las medidas en un sector determinan las necesidades de mitigación en otros (*nivel de confianza medio*). Las medidas de mitigación tienen elementos comunes con otros objetivos sociales, lo que genera posibilidades de cobeneficios o efectos colaterales adversos. Esos elementos comunes, si se gestionan adecuadamente, pueden fortalecer la base para aplicar medidas climáticas. {4.3}

En la figura RRP.14 se muestran, para diferentes sectores y gases, los rangos de las emisiones para los escenarios de referencia y los escenarios de mitigación que limitan las concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente a niveles bajos (en torno a 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq, escenarios en los que es *probable* que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales). Las medidas clave para lograr esos objetivos de mitigación incluyen la descarbonización (esto es, la reducción de la intensidad de carbono) de la generación de electricidad (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*) así como la mejora de la eficiencia y los cambios de comportamiento para reducir la demanda energética en comparación con los escenarios de referencia sin que se comprometa el desarrollo (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq para el año 2100, las proyecciones indican una disminución de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> proceden-



**Figura RRP.14** | Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y gases de efecto invernadero (GEI) distintos del CO<sub>2</sub> (enumerados en el Protocolo de Kyoto) por sector en los escenarios de referencia (barras de color apagado) y en los escenarios de mitigación (barras de color intenso) en los que se llega a concentraciones de aproximadamente 450 (430 a 480) ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 (en los que es *probable* que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales). La mitigación en los sectores de uso final provoca también una reducción de las emisiones indirectas en el sector de la generación energética. Por lo tanto, las emisiones directas de los sectores de uso final no incluyen el potencial de reducción de las emisiones del suministro, por ejemplo, debido a la disminución de la demanda de electricidad. Los valores que aparecen en la parte inferior de los gráficos se refieren al número de escenarios incluidos en el rango (fila superior: escenarios de referencia; fila inferior: escenarios de mitigación), que son diferentes en los distintos sectores y escalas temporales debido a la variación de la resolución sectorial y el horizonte temporal de los modelos. Los rangos de las emisiones de los escenarios de mitigación incluyen la cartera completa de opciones de mitigación; muchos modelos no pueden llegar a concentraciones de 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 en ausencia de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC). Las emisiones negativas del sector eléctrico se deben a la utilización de bioenergía con CAC (BECCS). Las emisiones netas del sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) comprenden las actividades de forestación, reforestación y deforestación. {4.3, figura 4.1}

tes del sector del suministro energético durante el próximo decenio y una reducción del 90% o superior por debajo de los niveles de 2010 entre 2040 y 2070. En la mayoría de los escenarios de estabilización con baja concentración (de aproximadamente 450 a 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq, para los que sea al menos *tan probable como improbable* que el cambio de temperatura se limite a 2° C en relación con los niveles preindustriales), la proporción del suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono (que comprende las energías renovables, la energía nuclear y la energía fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC), incluida la bioenergía con CAC (BECCS)) aumenta la proporción actual de aproximadamente el 30% a más del 80% en 2050, al tiempo que la generación de energía procedente de combustibles fósiles sin CAC se va eliminando de forma gradual hasta prácticamente desaparecer en 2100. {4.3}

Las reducciones de la demanda de energía a corto plazo son un elemento importante en las estrategias de mitigación costo-efectivas, confieren mayor flexibilidad para reducir la intensidad de carbono en el sector del suministro energético, protegen contra los riesgos de la oferta, evitan el efecto de bloqueo en infraestructuras que emiten mucho carbono, y están asociadas a importantes cobeneficios. Las opciones de mitigación más costo-efectivas en la silvicultura son la forestación, la ordenación forestal sostenible y la reducción de la deforestación, siendo grandes las diferencias en su importancia relativa entre regiones; y en la agricultura, son la gestión de tierras agrícolas, la gestión de pastizales y la restauración de suelos orgánicos (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {4.3, figuras 4.1, 4.2, cuadro 4.3}

El comportamiento, el estilo de vida y la cultura tienen una considerable influencia en el uso de la energía y las emisiones asociadas, con gran potencial de mitigación en algunos sectores, en particular cuando complementan a un cambio tecnológico y estructural (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Las emisiones pueden reducirse sustancialmente mediante cambios en los patrones de consumo, la adopción de medidas de ahorro energético, cambios en la dieta y la reducción de los residuos alimentarios. {4.1, 4.3}

#### RRP 4.4 Enfoques de políticas para la adaptación y la mitigación, la tecnología y la financiación

**La eficacia de las respuestas de adaptación y mitigación dependerá de las políticas y medidas que se apliquen en diversas escalas: internacionales, regionales, nacionales y subnacionales. Las políticas que apoyen en todas las escalas el desarrollo, la difusión y la transferencia de tecnología, así como el financiamiento a las respuestas al cambio climático, pueden complementar y potenciar la eficacia de las políticas que promueven de forma directa la adaptación y la mitigación. {4.4}**

La cooperación internacional es decisiva para lograr una mitigación eficaz, si bien la mitigación también puede tener cobeneficios a escala local. La adaptación se centra principalmente en los resultados a escala local a nacional, pero su eficacia puede mejorarse mediante la coordinación en todas las escalas de gobernanza, incluida la cooperación internacional: {3.1, 4.4.1}

- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es el principal foro multilateral centrado en afrontar el cambio climático, con participación casi universal. Otras instituciones organizadas a diferentes niveles de gobernanza han dado lugar a la diversificación de la cooperación internacional en relación con el cambio climático. {4.4.1}
- El Protocolo de Kyoto ofrece enseñanzas para alcanzar el objetivo definitivo de la CMNUCC, en particular respecto de la participación, la ejecución, los mecanismos de flexibilidad y la efectividad ambiental (*evidencia media, nivel de acuerdo bajo*). {4.4.1}
- Los vínculos entre las políticas climáticas regionales, nacionales y subnacionales ofrecen beneficios potenciales de mitigación del cambio climático (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Entre las posibles ventajas de este planteamiento cabe destacar la disminución de los costos de mitigación, la reducción de las fugas de emisiones y el aumento de la liquidez de los mercados. {4.4.1}
- La cooperación internacional en apoyo de la planificación y la ejecución de la adaptación ha acaparado históricamente menos atención que la mitigación pero va en aumento y ha contribuido a crear estrategias, planes y medidas de adaptación a nivel nacional, subnacional y local (*nivel de confianza alto*). {4.4.1}

Desde el Cuarto Informe de Evaluación se ha experimentado un considerable aumento de planes y estrategias de adaptación y mitigación nacionales y subnacionales, y se ha puesto mayor atención en políticas diseñadas para integrar diversos objetivos, incrementar los cobeneficios y disminuir los efectos colaterales adversos (*nivel de confianza alto*): {4.4.2.1, 4.4.2.2}

- Los gobiernos nacionales desempeñan un papel clave en la planificación y aplicación de la adaptación (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*) por medio de coordinar las medidas y proporcionar marcos y apoyo. Si bien los gobiernos locales y el sector privado tienen diferentes funciones que varían según las regiones, cada vez es mayor el reconocimiento de que gozan 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*). {4.4.2.1}
- Las dimensiones institucionales de la gobernanza de la adaptación, incluidas la incorporación de la adaptación en la planificación y la toma de decisiones, desempeñan un papel clave en la promoción de la transición desde la planificación hasta la aplicación de la adaptación (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). Entre los ejemplos de enfoques institucionales en la adaptación en los que intervienen varios agentes, cabe mencionar las opciones económicas (p. ej., seguros y asociaciones público-privadas), las leyes y reglamentos (p. ej. legislación sobre división territorial) y las políticas y programas nacionales y gubernamentales (p. ej. diversificación económica). {4.2, 4.4.2.1, cuadro RRP.3}
- En principio, los mecanismos que establecen el precio del carbono, incluidos los sistemas de límite y comercio y los impuestos sobre el carbono, pueden lograr la mitigación de un modo costo-efectivo, pero su ejecución ha tenido efectos diversos, debido en parte a las circunstancias nacionales, así como al diseño de las políticas. Los efectos de los sistemas de límite y comercio a corto plazo han sido insuficientes debido a que los límites eran imprecisos o poco restrictivos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). En algunos países, las políticas tributarias dirigidas específicamente a reducir las emisiones de GEI –junto con las políticas tecnológicas y de otro tipo– han contribuido a debilitar el vínculo existente entre las emisiones de GEI y el producto interno bruto (PIB) (*nivel de confianza alto*). Además, en un grupo numeroso de países, los impuestos sobre los combustibles (aunque no se hubieran concebido necesariamente con el propósito de la mitigación) han tenido efectos similares a los de los impuestos sectoriales sobre las emisiones de carbono. {4.4.2.2}
- Los enfoques reglamentarios y las medidas de información se utilizan ampliamente y, a menudo, resultan eficaces desde el punto de vista ambiental (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Entre los ejemplos de enfoques reglamentarios cabe destacar las normas de eficiencia energética, y entre los ejemplos de programas de información figuran los programas de etiquetado, que pueden ayudar a los consumidores a tomar decisiones mejor informadas. {4.4.2.2}
- Se han utilizado más ampliamente políticas de mitigación sectoriales específicas que políticas destinadas al conjunto de la economía (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Las políticas sectoriales específicas pueden adaptarse mejor para responder a obstáculos o fallos de mercado específicos de los sectores, y agruparse en paquetes de políticas complementarias. Aunque teóricamente las políticas destinadas al conjunto de la economía puedan ser más costo-eficaces, puede que resulte más difícil su ejecución debido a los obstáculos administrativos y políticos. Las interacciones entre las políticas de mitigación pueden ser sinérgicas o no tener ningún efecto añadido en la disminución de las emisiones. {4.4.2.2}
- En todos los sectores pueden aplicarse instrumentos económicos en forma de subsidios, incluidas diversas formulaciones de políticas como rebajas o exenciones fiscales, primas, préstamos y líneas de crédito. En los últimos años, el aumento en número y diversidad de las políticas de energía renovable, incluidos los subsidios, ha inducido un incremento acelerado de las tecnologías de la energía renovable por efecto de múltiples factores. Al mismo tiempo, la disminución de los subsidios para las actividades asociadas a los GEI en diversos sectores puede redundar en menores emisiones, en función del contexto social y económico (*nivel de confianza alto*). {4.4.2.2}

Los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación pueden afectar el logro de otros objetivos, como los relacionados con la salud humana, la seguridad alimentaria, la biodiversidad, la calidad ambiental local, el acceso a la energía, los medios de subsistencia y el desarrollo sostenible equitativo. El potencial de obtención de cobeneficios relativos a medidas de uso final de la energía es superior al potencial de efectos colaterales adversos, mientras que la evidencia sugiere que este puede no ser el caso para todas las medidas de suministro de energía y de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU). Algunas políticas de mitigación aumentan los precios de algunos servicios energéticos y podrían limitar la capacidad de las sociedades de ampliar el acceso a servicios energéticos modernos de poblaciones subatendidas (*nivel de confianza bajo*). Estos posibles efectos colaterales adversos se pueden evitar mediante la adopción de políticas complementarias como

reducciones fiscales u otro tipo de mecanismos de transferencia (*nivel de confianza medio*). Tanto si estos efectos colaterales se materializan, y en qué magnitud, como si no, serán específicos de cada caso y lugar, puesto que dependerán de circunstancias locales y de su escala, alcance y ritmo de materialización. Muchos cobeneficios y efectos colaterales adversos no se han cuantificado adecuadamente. {4.3, 4.4.2.2, recuadro 3.4}

La políticas que apoyan el desarrollo, la difusión y la transferencia de tecnología complementan otras políticas de mitigación en todas las escalas internacionales a subnacionales; muchos esfuerzos de adaptación también dependen de forma crítica de la difusión y la transferencia de tecnologías y prácticas de gestión (*nivel de confianza alto*). Existen políticas que abordan los fallos del mercado en investigación y desarrollo, pero el uso efectivo de las tecnologías también puede depender de la capacidad de adoptar tecnologías adecuadas a las circunstancias locales. {4.4.3}

Para lograr reducciones sustanciales en las emisiones sería necesario realizar grandes cambios en los patrones de inversión (*nivel de confianza alto*). En relación con los escenarios de mitigación que estabilizan las concentraciones (sin sobrepaso) en el rango de 430 a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100<sup>19</sup>, las proyecciones indican que en los distintos escenarios las inversiones anuales en suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono y en eficiencia energética en sectores clave (transporte, industria y edificios) aumentarán en varios cientos de miles de millones de dólares anuales hasta 2030. En el marco de entornos propicios adecuados, el sector privado, conjuntamente con el sector público, puede desempeñar un papel importante en la financiación de la mitigación y la adaptación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {4.4.4}

La disponibilidad de recursos financieros para la adaptación se ha producido más lentamente que para la mitigación en los países desarrollados y en desarrollo. 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. Las sinergias potenciales en el ámbito de las finanzas internacionales para la gestión de riesgos de desastre y la adaptación todavía no se han concretado por completo (*nivel de confianza alto*). {4.4.4}

### RRP 4.5 Contrapartidas, sinergias e interacciones con el desarrollo sostenible

**El cambio climático es una amenaza para el desarrollo sostenible. A pesar de ello, existen muchas posibilidades para vincular la mitigación, la adaptación y la consecución de otros objetivos sociales mediante el empleo de respuestas integradas (*nivel de confianza alto*). Para que la implementación sea satisfactoria es preciso contar con herramientas adecuadas, estructuras de gobernanza apropiadas y una capacidad mejorada de respuesta (*nivel de confianza medio*). {3.5, 4.5}**

El cambio climático agrava otras amenazas a los sistemas sociales y naturales, colocando nuevas cargas, en particular sobre los pobres (*nivel de confianza alto*). Armonizar la política climática con el desarrollo sostenible requiere considerar tanto la adaptación como la mitigación (*nivel de confianza alto*). De demorarse las medidas de mitigación podrían verse limitadas las posibilidades de trayectorias resilientes al clima en el futuro. Las oportunidades para aprovechar las sinergias positivas entre la adaptación y la mitigación pueden reducirse con el tiempo, especialmente si se sobrepasan los límites de la adaptación. 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 de la salud humana, el agua, la energía, el uso del suelo y la biodiversidad (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {3.1, 3.5, 4.5}

<sup>19</sup> Este rango comprende los escenarios en que se alcanzan niveles de 430 a 480 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 (con los que es *probable* que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales) y los escenarios en que se alcanzan de 480 a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 (sin sobrepaso: niveles con los que es *más probable que improbable* que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales).

Actualmente se puede tratar de aplicar estrategias y medidas que logren progresos en favor de 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 eficaz. Hay casos en que la diversificación económica puede ser un elemento importante de esas estrategias. La eficacia de las respuestas integradas se puede mejorar mediante herramientas convenientes, unas estructuras de gobernanza idóneas y una adecuada capacidad institucional y humana (*nivel de confianza medio*). Las respuestas integradas son especialmente pertinentes para la planificación e implementación energéticas, las interacciones entre los sectores del agua, los alimentos, la energía y el secuestro de carbono biológico y la planificación urbana, lo que ofrece importantes oportunidades para aumentar la resiliencia, reducir las emisiones y lograr un desarrollo más sostenible (*nivel de confianza medio*). {3.5, 4.4, 4.5}



# **Cambio climático 2014**

## **Informe de síntesis**



A large blue decorative shape with rounded corners is located in the top-left corner of the page.

# Introducción

## Introducción

El Informe de síntesis del Quinto Informe de Evaluación (IE5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) presenta un panorama general de los conocimientos actuales relativos a la ciencia del cambio climático, haciendo hincapié en los nuevos resultados obtenidos desde la publicación del Cuarto Informe de Evaluación (IE4) del IPCC en 2007. El Informe sintetiza las principales conclusiones del Quinto Informe de Evaluación sobre la base de las contribuciones del Grupo de trabajo I (*Bases físicas*), el Grupo de trabajo II (*Impactos, adaptación y vulnerabilidad*) y el Grupo de trabajo III (*Mitigación del cambio climático*), además de otros dos informes del IPCC (*Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático* e *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*).

La versión más extensa del Informe de síntesis del Quinto Informe de Evaluación del IPCC se divide en cuatro temas. El tema 1 (Cambios observados y sus causas) se centra en observaciones que demuestran cambios en el clima, las consecuencias de ese cambio y las contribu-

ciones humanas a este. El tema 2 (Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos) evalúa las proyecciones del cambio climático futuro y los impactos y riesgos previstos consiguientes. El tema 3 (Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible) examina la adaptación y la mitigación como estrategias complementarias para reducir y gestionar los riesgos del cambio climático. El tema 4 (Adaptación y mitigación) describe opciones de adaptación y mitigación y enfoques de políticas. También se ocupa de respuestas integradas que vinculan la mitigación y la adaptación con otros objetivos sociales.

Los desafíos relativos a la comprensión y gestión de los riesgos y las incertidumbres son temas importantes en el presente informe. Véanse el recuadro 1 (Riesgo y gestión de un futuro incierto) y el recuadro 2 (Comunicación del grado de certidumbre en las conclusiones de las evaluaciones).

El presente informe incluye información relacionada con el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

### Recuadro de la introducción.1 | Riesgo y gestión de un futuro incierto

El cambio climático expone a las personas, las sociedades, los sectores económicos y los ecosistemas a riesgos. El riesgo se refiere a posibles consecuencias en situaciones en que algo de valor está en peligro y el desenlace es incierto, reconociendo la diversidad de valores. *{GTII RRP recuadro de información general RRP.2, GTIII 2.1, glosario del Informe de síntesis}*

Los riesgos de los impactos del cambio climático surgen de la interacción entre un peligro (provocado por un fenómeno o tendencia relacionados con el cambio climático), la vulnerabilidad (susceptibilidad a sufrir daños) y la exposición (personas, activos o ecosistemas en riesgo). Los peligros abarcan procesos que van de fenómenos breves, como tormentas violentas, a tendencias lentas, como sequías a lo largo de varias décadas o el aumento del nivel del mar a lo largo de varios siglos. La vulnerabilidad y la exposición se ven influidas por diversos procesos sociales y económicos, con posibles aumentos o disminuciones en función de las trayectorias de desarrollo. Los riesgos y los cobeneficios también provienen de políticas que tienen por objeto mitigar el cambio climático o adaptarse a este. (1.5)

El riesgo suele representarse como la probabilidad de que ocurran fenómenos o tendencias peligrosos multiplicada por la magnitud de las consecuencias en caso de que ocurran tales fenómenos. Por tanto, el riesgo elevado puede obedecer no solo a resultados de alta probabilidad, sino también a resultados de baja probabilidad con consecuencias muy graves. Por ello, es importante evaluar todos los tipos de resultados posibles, desde los resultados de muy baja probabilidad a los resultados muy probables. Por ejemplo, es poco probable que el nivel medio global del mar aumente más de un metro durante este siglo, pero las consecuencias de un mayor aumento podrían ser tan graves que esta posibilidad pasa a ser parte importante de la evaluación del riesgo. De modo parecido, los resultados con un nivel de confianza bajo pero con consecuencias graves son también pertinentes en materia normativa; por ejemplo, la posibilidad de que la respuesta de la selva amazónica pueda contribuir sustancialmente al cambio climático merece tenerse en cuenta a pesar de nuestra actual capacidad imperfecta de hacer una proyección del resultado. (2.4, cuadro 2.3) *{GTI cuadro 13.5, GTII RRP A-3, 4.4, recuadro 4-3, GTIII recuadro 3-9, glosario del Informe de síntesis}*

El riesgo puede entenderse desde un punto de vista cuantitativo o cualitativo. Puede reducirse y gestionarse mediante una amplia gama de instrumentos y enfoques formales e informales que suelen ser iterativos. Los enfoques útiles para la gestión del riesgo no requieren necesariamente cuantificar con exactitud los niveles de riesgo. Los enfoques que reconocen valores, prioridades y objetivos cualitativos, sobre la base de factores éticos, psicológicos, culturales o sociales, podrían aumentar la eficacia de la gestión del riesgo. *{GTII 1.1.2, 2.4, 2.5, 19.3, GTIII 2.4, 2.5, 3.4}*

## Recuadro de la introducción.2 | Comunicación del grado de certidumbre en las conclusiones de las evaluaciones

Una parte esencial de los informes del IPCC es la comunicación de la solidez y las incertidumbres respecto a los conocimientos científicos que subyacen a las conclusiones de las evaluaciones. La incertidumbre puede deberse a fuentes diversas. Las incertidumbres del pasado y el presente son resultado de las limitaciones de las mediciones disponibles, especialmente para fenómenos poco habituales, y la dificultad de evaluar la causalidad en procesos complejos o con múltiples componentes que pueden abarcar sistemas físicos, biológicos y humanos. De cara al futuro, el cambio climático conlleva cambios en la probabilidad de los diversos resultados. Se conocen a fondo muchos procesos y mecanismos, pero otros no. Las complejas interacciones entre múltiples influencias climáticas y no climáticas que cambian con el paso del tiempo dan lugar a incertidumbres constantes, que a su vez dan lugar a la posibilidad de que surjan sorpresas. Con respecto a informes anteriores del IPCC, el Quinto Informe de Evaluación evalúa una base de conocimientos sustancialmente más amplia de estudios científicos, técnicos y socioeconómicos. {GTI 1.4, GTII RRP A-3, 1.1.2, GTIII 2.3}

La nota de orientación del IPCC sobre el tratamiento de las incertidumbres<sup>a</sup> establece un enfoque común para evaluar y comunicar el grado de certidumbre de las conclusiones del proceso de evaluación. Cada conclusión se fundamenta en una evaluación de la evidencia subyacente y el nivel de acuerdo. En muchos casos, una síntesis de la evidencia y el nivel de acuerdo sustentan la asignación del nivel de confianza, especialmente para conclusiones con un nivel de acuerdo más firme y diversas líneas de evidencia independientes. El nivel de certidumbre para cada conclusión fundamental de la evaluación se basa en el tipo, la cantidad, la calidad y la coherencia de la evidencia (por ejemplo, datos, comprensión mecánica, teoría, modelos, juicio experto) y en el nivel de acuerdo. Los términos del resumen para describir la evidencia son: limitada, media o sólida; y para describir el nivel de acuerdo: bajo, medio o alto. Los niveles de confianza comprenden cinco calificativos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, y se escriben en cursiva, por ejemplo, *nivel de confianza medio*. 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 excepcionalmente improbable, 0-1%. También se pueden utilizar términos adicionales (sumamente probable, 95-100%; más probable que improbable, >50-100%; más improbable que probable, 0-<50%; y sumamente improbable, 0-5%), según convenga. La evaluación de la probabilidad se escribe en cursiva, por ejemplo, *muy probable*. 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. {GTI RRP B, GTII recuadro de información general RRP.3, GTIII 2.1}

<sup>a</sup> 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), Ginebra (Suiza), 4 págs.



# 1

## Cambios observados y sus causas

# Tema 1: Cambios observados y sus causas

La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropógenas recientes de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales.

El tema 1 se centra en la evidencia observada de un clima cambiante, los impactos de este cambio y las contribuciones humanas a este. Se ocupa de cambios observados en el clima (1.1) y las influencias externas sobre el clima (forzamientos), señalando los forzamientos de origen antropógeno, y sus contribuciones por sectores económicos y gases de efecto invernadero (1.2). La sección 1.3 atribuye el cambio climático observado a sus causas y atribuye los impactos en los sistemas humanos y naturales al cambio climático, determinando el grado en que esos impactos pueden atribuirse al cambio climático. La probabilidad cambiante de los fenómenos extremos y sus causas se examinan en la sección 1.4, seguido de una descripción de la exposición y la vulnerabilidad en un contexto de riesgo (1.5) y una sección sobre la experiencia relativa a la adaptación y la mitigación (1.6).

1

## 1.1 Cambios observados en el sistema climático

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado.

### 1.1.1 La atmósfera

Cada uno de los tres últimos decenios ha sido sucesivamente más cálido en la superficie de la Tierra que cualquier decenio anterior desde 1850. Es *muy probable* que el período comprendido entre 1983 y 2012 haya sido el período de 30 años más cálido de los últimos 800 años en el hemisferio norte, donde es posible realizar una evaluación de ese tipo (*nivel de confianza alto*), y es *probable* que ese período haya sido el período de 30 años más cálido de los últimos 1 400 años (*nivel de confianza medio*). {GTI 2.4.3, 5.3.5}

Los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica, combinados y promediados globalmente, calculados a partir de una tendencia lineal, muestran un calentamiento de 0,85 [0,65 a 1,06] °C<sup>20</sup>, durante el período 1880-2012, para el que existen múltiples conjuntos de datos obtenidos de forma independiente. El incremento total entre el promedio del período 1850-1900 y del período 2003-2012 es de 0,78 [0,72 a 0,85] °C y está basado en el conjunto de datos disponible más extenso. Por lo que respecta al período de tiempo más largo con un cálculo suficientemente completo de las tendencias regionales (de 1901 a 2012), casi la totalidad del planeta ha experimentado un aumento de la temperatura de superficie (figura 1.1). {GTI RRP B.1, 2.4.3}

Además de registrar un calentamiento multidecenal notable, la temperatura media global en superficie muestra una variabilidad decenal e interanual considerable (figura 1.1). Debido a la variabilidad natural, las tendencias basadas en períodos de registros cortos son muy sensibles a las fechas de inicio y final, y no reflejan en general las tendencias climáticas a largo plazo. Por ejemplo, la tasa de calentamiento durante los últimos 15 años (0,05 [-0,05 a 0,15] °C por decenio, entre 1998 y 2012), que comienza con un fuerte efecto del fenómeno El Niño, es menor que la tasa registrada desde 1951 (0,12 [0,08 a 0,14] °C por decenio, entre 1951 y 2012); véase el recuadro 1.1). {GTI RRP B.1, 2.4.3}

Sobre la base de múltiples análisis independientes de mediciones, es *prácticamente seguro* que, a nivel mundial, la troposfera se haya calentado y la estratosfera inferior se haya enfriado desde mediados del siglo XX. Existe un *nivel de confianza medio* en la tasa de cambio y su estructura vertical en la troposfera extratropical del hemisferio norte. {GTI RRP B.1, 2.4.4}

El *nivel de confianza* en los cambios de las precipitaciones promediadas sobre las zonas terrestres a escala mundial desde 1901 es *bajo*, antes de 1951, y *medio*, a partir de ese año. En promedio, sobre las zonas continentales de latitudes medias del hemisferio norte, es *probable* que las precipitaciones hayan aumentado desde 1901 (*nivel de confianza medio* antes de 1951, y *alto* después). En otras latitudes, existe un *nivel de confianza bajo* en las tendencias positivas o negativas a largo plazo promediadas por zonas (figura 1.1). {GTI RRP B.1, figura RRP.2, 2.5.1}

### 1.1.2 Los océanos

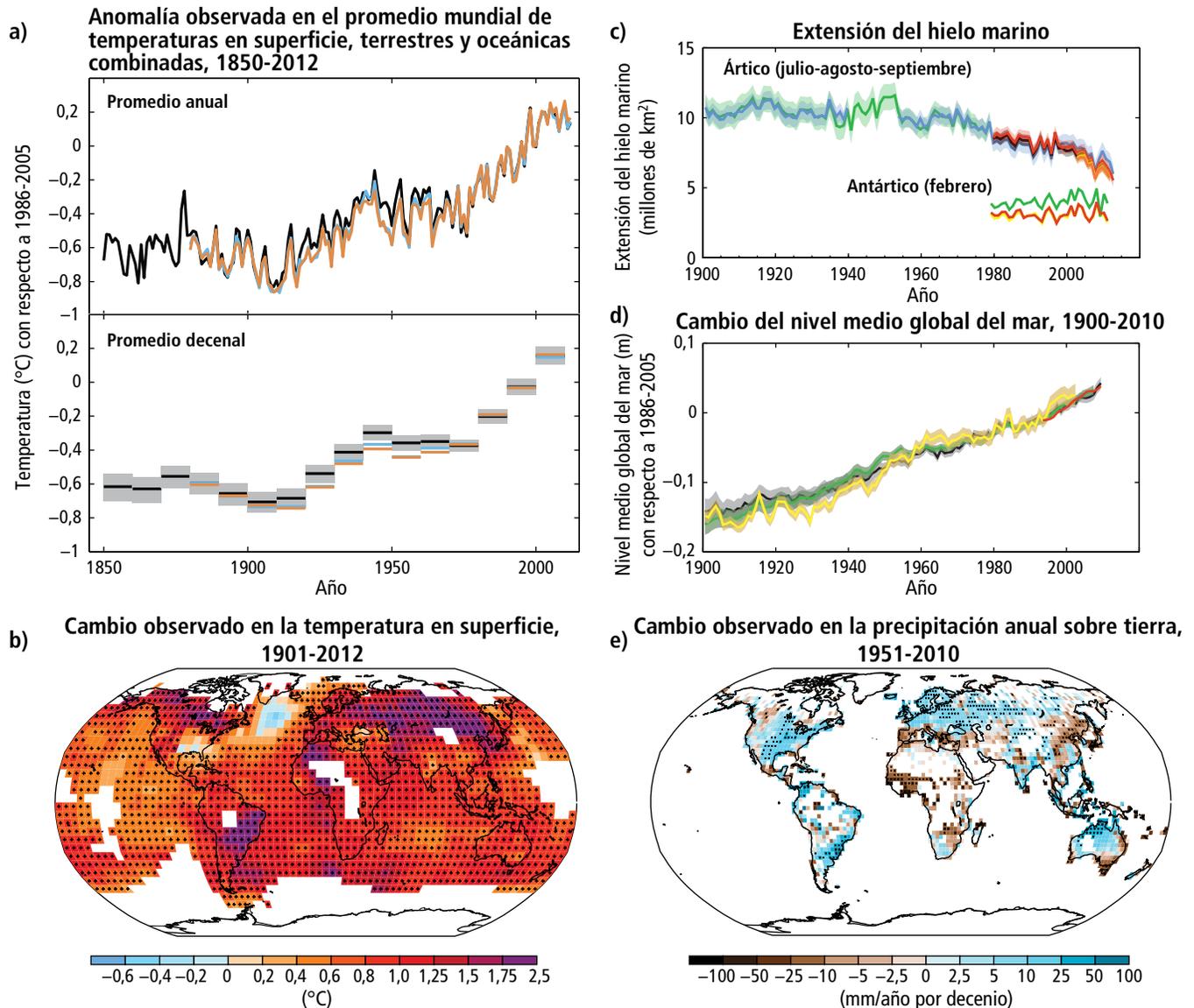
El calentamiento del océano es el factor predominante en el incremento de la energía almacenada en el sistema climático y representa más del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010 (*nivel de confianza alto*), con solo alrededor del 1% almacenada en la atmósfera (figura 1.2). A escala global, el calen-

<sup>20</sup> Los rangos entre corchetes indican un intervalo de incertidumbre del 90% a menos que se indique de otro modo. Se prevé que el intervalo de incertidumbre del 90% tenga una probabilidad del 90% de abarcar el valor estimado. Los intervalos de incertidumbre no son necesariamente simétricos en torno a la mejor estimación correspondiente. Asimismo, se da la mejor estimación de ese valor cuando se dispone de ella.

tamiento del océano es mayor cerca de la superficie: los 75 m superiores se han calentado 0,11 [0,09 a 0,13] °C por decenio, durante el período comprendido entre 1971 y 2010. Es *prácticamente seguro* que la capa superior del océano (0-700 m) se haya calentado entre 1971 y 2010, y es *probable* que se haya calentado entre la década de 1870 y 1971. Es *probable* que los

océanos se hayan calentado entre 700 y 2 000 m desde 1957 hasta 2009, y de 3 000 m al fondo marino entre 1992 y 2005 (figura 1.2). {GTI RRP B.2, 3.2, recuadro 3.1}

Es *muy probable* que las regiones con alta salinidad en la superficie, donde predomina la evaporación, se hayan vuelto más salinas, y que las

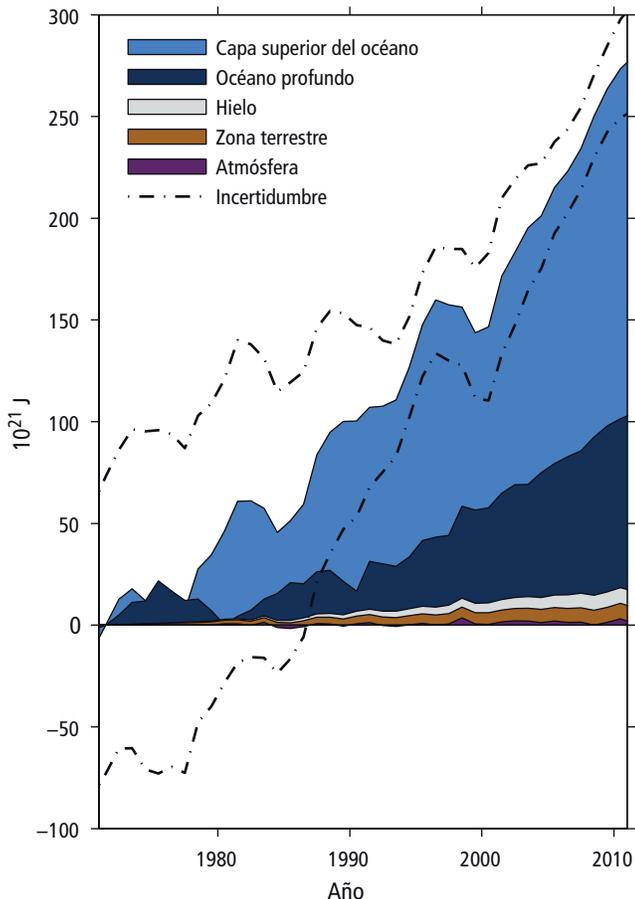


**Figura 1.1** | Múltiples indicadores observados de un sistema climático global cambiante. **a)** Anomalías observadas en el promedio mundial de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas combinadas (con respecto al promedio del período entre 1986 y 2005, como promedios anuales y decenales) con una estimación de una incertidumbre media decenal para un conjunto de datos (sombreado gris). [GTI figura RRP.1, figura 2.20; en el material complementario del Resumen técnico del GTI figura una lista de los conjuntos de datos y más información técnica, GTI RT SM.1.1] **b)** Mapa de los cambios observados en la temperatura en superficie entre 1901 y 2012, derivado de las tendencias en la temperatura determinadas por regresión lineal de un conjunto de datos (línea naranja en el gráfico a). Se han calculado las tendencias en los casos en que la disponibilidad de datos ha permitido efectuar una estimación fiable (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). Las demás áreas se muestran con color blanco. Las cuadrículas que muestran la tendencia es significativa al nivel del 10% se indican con un signo +. [GTI figura RRP.1, figura 2.21, figura RT.2; en el material complementario del Resumen técnico del GTI figura una lista de los conjuntos de datos y más información técnica, GTI RT SM.1.2] **c)** Extensión del hielo marino del Ártico (promedio de julio a septiembre) y el Antártico (febrero). [GTI figura RRP.3, figura 4.3, figura 4.SM.2; en el material complementario del Resumen técnico del GTI figura una lista de los conjuntos de datos y más información técnica, GTI RT SM.3.2]. **d)** Nivel medio global del mar con respecto al promedio del conjunto de datos de más larga duración entre 1986 y 2005, y con todos los conjuntos de datos alineados para tener el mismo valor en 1993, primer año de datos de altimetría por satélite. Todas las series temporales (líneas de color que indican los diferentes conjuntos de datos) muestran valores anuales y, en los casos en que se han evaluado, las incertidumbres se indican mediante sombreado de color. [GTI figura RRP.3, figura 3.13; en el material complementario del Resumen técnico del GTI figura una lista de los conjuntos de datos y más información técnica, GTI RT SM.3.4]. **e)** Mapa de los cambios observados en la precipitación, entre 1951 y 2010; tendencias en la acumulación anual, calculadas de acuerdo con los mismos criterios empleados en el gráfico b. [GTI figura RRP.2, RT ETE.1, figura 2, figura 2.29; en el material complementario del Resumen técnico del GTI figura una lista de los conjuntos de datos y más información técnica, GTI RT SM.2.1]

regiones con baja salinidad, donde predominan las precipitaciones, se hayan desalinizado desde la década de 1950. Estas tendencias regionales en la salinidad del océano proporcionan una evidencia indirecta de que la evaporación y la precipitación sobre los océanos han cambiado y, por tanto, de que el ciclo hidrológico mundial ha cambiado (*nivel de confianza medio*). No se ha observado ninguna evidencia de la existencia de una tendencia a largo plazo en la circulación meridional de retorno del Atlántico. {GTI RRP B.2, 2.5, 3.3, 3.4.3, 3.5, 3.6.3}

Desde el comienzo de la era industrial, la incorporación de CO<sub>2</sub> en los océanos ha dado lugar a su acidificación; el pH del agua del océano superficial ha disminuido un 0,1 (*nivel de confianza alto*), lo que se corresponde con un aumento del 26% de la acidez (concentración de iones de hidrógeno). Existe un *nivel de confianza medio* en cuanto a que, de forma paralela al calentamiento, las concentraciones de oxígeno hayan disminuido en aguas costeras y en la termoclina de alta mar en muchas regiones oceánicas desde la década de 1960, con la *probable* expansión de zonas tropicales con niveles mínimos de oxígeno en los últimos decenios. {GTI RRP B.5, RT.2.8.5, 3.8.1, 3.8.2, 3.8.3, 3.8.5, figura 3.20}

Acumulación de energía en el sistema climático de la Tierra



**Figura 1.2** | Acumulación de energía en el sistema climático de la Tierra. Las estimaciones se muestran en  $10^{21}$  J, y corresponden a 1971 y de 1971 a 2010, a menos que se indique de otra forma. Los componentes incluidos son la capa superior del océano (por encima de 700 m), el océano profundo (por debajo de 700 m; incluidas estimaciones por debajo de 2 000 m a partir de 1992), la fusión de los hielos (para estimaciones de glaciares y casquetes glaciares, mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida a partir de 1992, y estimación del hielo marino del Ártico de 1979 a 2008), el calentamiento (terrestre) continental, y el calentamiento atmosférico (estimación a partir de 1979). La incertidumbre se estima como error con respecto a los cinco componentes a intervalos de confianza del 90%. {GTI recuadro 3.1, figura 1}

### 1.1.3 La criosfera

**En los dos últimos decenios, los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida han ido perdiendo masa (*nivel de confianza alto*), los glaciares han continuado menguando en casi todo el mundo (*nivel de confianza alto*), y el manto de nieve en primavera en el hemisferio norte ha seguido reduciéndose en extensión (*nivel de confianza alto*). Existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que existan marcadas diferencias regionales en la tendencia relativa a la extensión del hielo marino del Antártico, y es *muy probable* que su extensión total haya aumentado. {GTI RRP B.3, 4.2-4.7}**

Los glaciares han perdido masa y han contribuido al aumento del nivel del mar a lo largo del siglo XX. Es *muy probable* que el ritmo de pérdida de hielo del manto de hielo de Groenlandia haya aumentado sustancialmente entre 1992 y 2011, lo que supone una pérdida de masa mayor entre 2002 y 2011 que entre 1992 y 2011. También es *probable* que el ritmo de pérdida de hielo del manto de hielo de la Antártida, principalmente en la zona norte de la península antártica y el sector del mar de Amundsen de la Antártida Occidental, haya sido mayor entre 2002 y 2011. {GTI RRP B.3, RRP B.4, 4.3.3, 4.4.2, 4.4.3}

La extensión media anual del hielo marino del Ártico disminuyó entre 1979 (cuando empezaron las observaciones por satélite) y 2012. Es *muy probable* que la tasa de disminución se haya situado entre el 3,5% y el 4,1% por decenio. La extensión del hielo marino del Ártico ha disminuido en cada estación y en cada década sucesiva desde 1979; la disminución más rápida en la extensión media decenal se produjo en verano (*nivel de confianza alto*). Respecto al nivel mínimo estival de hielo marino, es *muy probable* que la disminución se situara entre el 9,4% y el 13,6% por decenio (rango de 0,73 a 1,07 millones de km<sup>2</sup> por decenio) (véase la figura 1.1). Es *muy probable* que la extensión media anual del hielo marino del Antártico haya aumentado entre el 1,2% y el 1,8% por decenio (rango de 0,13 a 0,20 millones de km<sup>2</sup> por decenio) entre 1979 y 2012. No obstante, existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que existan marcadas diferencias regionales en la Antártida, con un aumento de la extensión en algunas regiones y una disminución en otras. {GTI RRP B.5, 4.2.2, 4.2.3}

Existe un *nivel de confianza muy alto* en cuanto a que, desde mediados del siglo XX, la extensión del manto de nieve del hemisferio norte haya disminuido un 1,6 [0,8 a 2,4]% por decenio en marzo y abril, y un 11,7% por decenio en junio, durante el período comprendido entre 1967 y 2012. Existe un *nivel de confianza alto* en cuanto a que las temperaturas del permafrost hayan aumentado en la mayoría de las regiones del hemisferio norte desde principios de la década de 1980, con reducciones del grosor y la extensión en superficie en algunas regiones. El aumento de las temperaturas del permafrost se ha producido en respuesta al aumento de la temperatura en superficie y a los cambios en el manto de nieve. {GTI RRP B.3, 4.5, 4.7.2}

### 1.1.4 El nivel del mar

**Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 [0,17 a 0,21] m (figura 1.1). Desde mediados del siglo XIX, el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a**

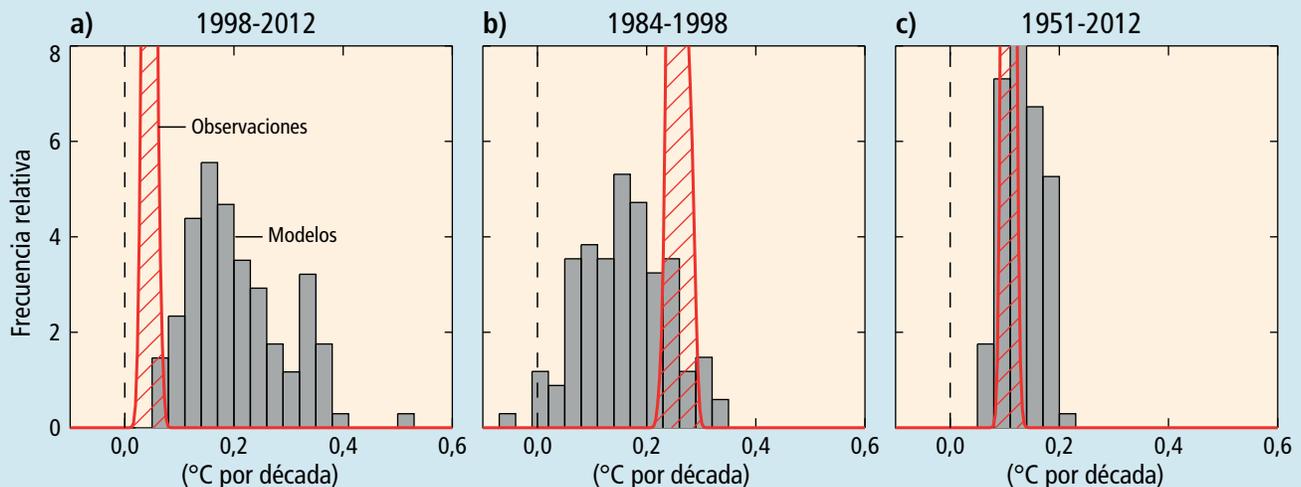
### Recuadro 1.1 | Tendencias recientes de las temperaturas y sus consecuencias

La reducción observada en la tendencia del calentamiento en superficie durante el período 1998-2012, en comparación con el período 1951-2012, se debe en casi igual proporción a la tendencia decreciente del forzamiento radiativo y al enfriamiento al que contribuye la variabilidad interna natural, que comprende una posible redistribución de calor dentro del océano (*nivel de confianza medio*). Se estima que el ritmo de calentamiento de la temperatura media global observada en superficie durante el período comprendido entre 1998 y 2012 se sitúa entre un tercio y la mitad de la tendencia durante el período comprendido entre 1951 y 2012 (recuadro 1.1, figuras 1a y 1c). Incluso con esta reducción en la tendencia relativa al aumento de la temperatura en superficie, es *muy probable* que el sistema climático haya seguido acumulando calor desde 1998 (figura 1.2) y el nivel del mar haya seguido aumentando (figura 1.1). {GTI RRP D.1, recuadro 9.2}

El forzamiento radiativo del sistema climático ha seguido aumentando durante la década de 2000, así como el factor que más contribuye a ese forzamiento, la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>. No obstante, el forzamiento radiativo ha aumentado a un ritmo menor durante el período comprendido entre 1998 y 2011, frente a los períodos de 1984 a 1998 o de 1951 a 2011, debido a los efectos de enfriamiento de las erupciones volcánicas y la fase de enfriamiento del ciclo solar durante el período comprendido entre 2000 y 2009. No obstante, existe un *nivel de confianza bajo* en lo que respecta a la cuantificación del papel que desempeña la tendencia de forzamiento en la reducción de la tasa de calentamiento en superficie. {GTI 8.5.2, recuadro 9.2}

Para el período comprendido entre 1998 y 2012, 111 de las 114 simulaciones disponibles de modelos climáticos muestran una tendencia de calentamiento en superficie mayor que la de las observaciones (recuadro 1.1, figura 1a). Existe un *nivel de confianza medio* en cuanto a que esta diferencia entre los modelos y las observaciones se debe de forma sustancial a la variabilidad interna natural del clima, que a veces promueve y otras veces contrarresta la tendencia de calentamiento a largo plazo forzada externamente (compárense el recuadro 1.1 y las figuras 1a y 1b; durante el período comprendido entre 1984 y 1998, la mayoría de las simulaciones de los modelos muestran una menor tendencia de calentamiento que la observada). Por tanto, la variabilidad interna natural reduce la pertinencia de las tendencias a corto plazo para el cambio climático a largo plazo. La diferencia entre modelos y observaciones quizá también incluya contribuciones procedentes de deficiencias en los forzamientos solares, volcánicos y de aerosoles utilizados por los modelos y, en algunos modelos, procedentes de una sobrestimación de la respuesta al aumento de los gases de efecto invernadero y otros forzamientos antropógenos (estos últimos dominados por los efectos de los aerosoles). {GTI 2.4.3, recuadro 9.2, 9.4.1, 10.3.1.1}

Para el período más amplio comprendido entre 1951 y 2012, las tendencias de aumento simulado de la temperatura en superficie son coherentes con la tendencia observada (*nivel de confianza muy alto*) (recuadro 1.1, figura 1c). Además, de forma combinada, las estimaciones independientes de forzamiento radiativo, de aumento de la temperatura de superficie y de almacenamiento observado de calor (estas últimas disponibles desde 1970) dan un balance térmico de la Tierra que es coherente con el rango evaluado *probable* de sensibilidad climática en equilibrio (1,5 °C a 4,5 °C)<sup>21</sup>. Por tanto, el registro del cambio climático observado ha permitido la caracterización de las propiedades básicas del sistema climático que tienen consecuencias para el calentamiento futuro, incluidas la sensibilidad climática en equilibrio y la respuesta climática transitoria (véase el tema 2). {GTI recuadro 9.2, 10.8.1, 10.8.2, recuadro 12.2, recuadro 13.1}



**Recuadro 1.1, figura 1** | Tendencias de la temperatura media global en superficie durante los períodos comprendidos entre 1998 y 2012 (a), 1984 y 1998 (b), y 1951 y 2012 (c), a partir de observaciones (en rojo) y las 114 simulaciones disponibles con modelos climáticos actuales (barras grises). La altura de las barras grises indica la frecuencia con que una tendencia de determinada magnitud (en °C por década) ocurre entre las 114 simulaciones. La anchura de la zona roja rayada indica la incertidumbre estadística que se produce a raíz de la creación de un promedio global a partir de datos de distintas estaciones. Esta incertidumbre observacional difiere de la citada en la sección 1.1.1; en esa sección también se incluye una estimación de la variabilidad interna natural. Aquí, en cambio, la magnitud de la variabilidad interna natural se caracteriza por la dispersión del ensamble de modelos. {basado en GTI recuadro 9.2, figura 1}

<sup>21</sup> La conexión entre el presupuesto térmico y la sensibilidad climática en equilibrio, que corresponde a un calentamiento en superficie a largo plazo por efecto de una duplicación asumida de la concentración atmosférica de dióxido de carbono, surge a raíz de que una superficie más cálida aumenta la radiación al espacio, que contrarresta el aumento en el contenido calorífico de la Tierra. El grado en que la radiación al espacio aumenta respecto a un aumento dado de la temperatura en superficie depende de los mismos procesos de retroalimentación (a saber, retroalimentación de nube, retroalimentación de vapor de agua) que determinan la sensibilidad climática en equilibrio.

la media de los dos milenios anteriores (*nivel de confianza alto*). {GTI RRP B.4, 3.7.2, 5.6.3, 13.2}

Es *muy probable* que la tasa media de elevación promediada global del nivel del mar haya sido de 1,7 [1,5 a 1,9] mm/año entre 1901 y 2010, y de 3,2 [2,8 a 3,6] mm/año entre 1993 y 2010. Los datos recogidos con mareógrafos y altímetros satelitales coinciden en que en este último período la tasa fue más alta. Es *probable* que también se registraran tasas altas entre 1920 y 1950. {GTI RRP B.4, 3.7, 13.2}

Desde principios de la década de 1970, la combinación de la pérdida de masa de los glaciares y la expansión térmica del océano provocada por el calentamiento dan razón de aproximadamente el 75% de la elevación observada del nivel medio global del mar (*nivel de confianza alto*). Durante el período 1993-2010, la elevación del nivel medio global del mar coincide, con un *nivel de confianza alto*, con la suma de las contribuciones observadas de la expansión térmica del océano debida al calentamiento y de los cambios en los glaciares, en el manto de hielo de Groenlandia, en el manto de hielo de la Antártida y en el almacenamiento terrestre de agua. {GTI RRP B.4, 13.3.6}

Las tasas de aumento del nivel del mar en regiones extensas pueden ser varias veces superiores o inferiores a la elevación del nivel medio global del mar para períodos que abarcan varios decenios, debido a fluctuaciones en la circulación del océano. Desde 1993, las tasas regionales para el Pacífico occidental son hasta tres veces superiores al promedio global, mientras que las relativas a gran parte del Pacífico oriental se acercan a cero o son negativas. {GTI 3.7.3, PF 13.1}

Existe un *nivel de confianza muy alto* en cuanto a que, en el último período interglacial (que se remonta a entre 129 000 y 116 000 años), durante varios miles de años el nivel medio global máximo del mar estuvo por lo menos 5 m por encima del actual; y un *nivel de confianza alto* en que no estuvo más de 10 m por encima de ese nivel. Durante el último período interglacial, es *muy probable* que el manto de hielo de Groenlandia haya contribuido a la elevación del nivel medio global del mar, entre 1,4 y 4,3 m, lo que implica, con un *nivel de confianza medio*, que el manto de hielo de la Antártida también pudo haber contribuido a esa elevación. Ese cambio de nivel del mar se produjo en el contexto de un forzamiento orbital diferente y con una temperatura en superficie en las latitudes altas, promediada a lo largo de varios miles de años, por lo menos 2 °C más cálida que en la actualidad (*nivel de confianza alto*). {GTI RRP B.4, 5.3.4, 5.6.2, 13.2.1}

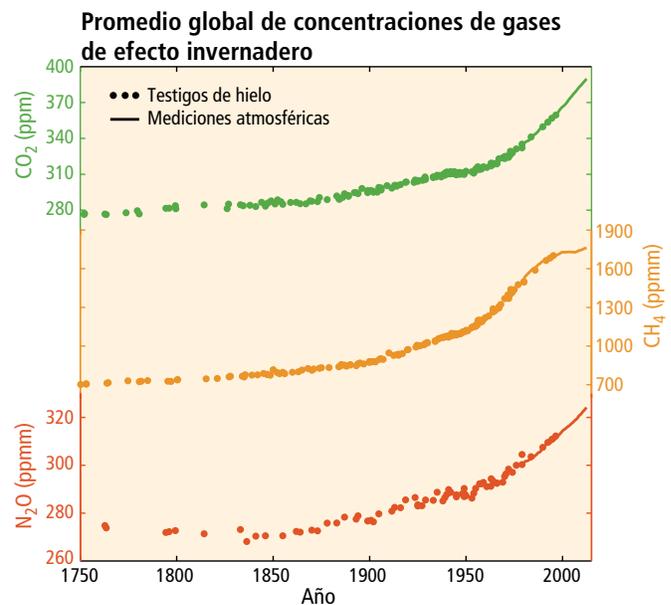
## 1.2 Impulsores del cambio climático en el pasado y recientes

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico. De 2000 a 2010 las emisiones registraron un máximo histórico. Las emisiones históricas han hecho que las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico alcancen niveles sin precedentes en como mínimo los últimos 800 000 años, lo que ha dado lugar a un secuestro de energía por el sistema climático.

Las sustancias y los procesos naturales y antropógenos que alteran el presupuesto energético de la Tierra son impulsores físicos del cambio climático. El forzamiento radiativo cuantifica la perturbación de la energía en el sistema terrestre provocada por esos impulsores. Los forzamientos radiativos superiores a cero dan lugar a un calentamiento cerca de la superficie, y los forzamientos radiativos inferiores a cero dan lugar a un enfriamiento. Las estimaciones del forzamiento radiativo se basan en observaciones *in situ* y remotas, las propiedades de los gases de efecto invernadero y los aerosoles, y cálculos con modelos numéricos. En la figura 1.4 se muestra el forzamiento radiativo para el período comprendido entre 1750 y 2011 por principales factores agrupados. En la categoría de 'Otros factores antropógenos' se incluyen principalmente efectos de enfriamiento derivados de cambios en los aerosoles, con menores contribuciones procedentes de los cambios en el ozono, cambios en la reflectancia del uso del suelo y otros términos de menor importancia. {GTI RRP C, 8.1, 8.5.1}

### 1.2.1 Forzamientos radiativos naturales y antropógenos

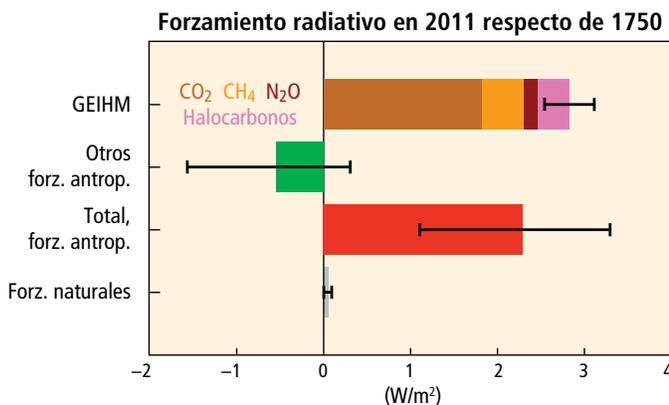
Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero se sitúan a niveles sin precedentes en, como mínimo, 800 000 años. Las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) han mostrado grandes aumentos desde 1750 (40%, 150% y 20%, respectivamente) (figura 1.3). Las concentraciones de CO<sub>2</sub> aumentaron al mayor ritmo de cambio decenal jamás observado (2,0 ± 0,1 ppm/año) durante 2002-2011. Tras casi un decenio de concentraciones estables de CH<sub>4</sub> desde finales de la década de 1990, las mediciones atmosféricas muestran un nuevo aumento desde 2007. Las concentraciones de N<sub>2</sub>O han aumentado de manera estable a una tasa de 0,73 ± 0,03 ppmm/año en los tres últimos decenios. {GTI RRP B5, 2.2.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.3}



**Figura 1.3** | Cambios observados en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero. Concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, verde), metano (CH<sub>4</sub>, naranja) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O, rojo). Se han superpuesto los datos de los testigos de hielo (símbolos) y las mediciones atmosféricas directas (líneas). {GTI 2.2, 6.2, 6.3, figura 6.11}

Según los cálculos, el forzamiento radiativo antropógeno total durante 1750-2011 representa un efecto de calentamiento de 2,3 [1,1 a 3,3] W/m<sup>2</sup> (figura 1.4), y ha aumentado a un mayor ritmo desde 1970 que durante las décadas anteriores. El dióxido de carbono es el gas que más ha contribuido al forzamiento radiativo durante 1750-2011 y a su tendencia desde 1970. La estimación del forzamiento radiativo antropógeno total para 2011 es sustancialmente mayor (43%) que la estimación que figura en el Cuarto Informe de Evaluación (IE4) del IPCC para el año 2005. Ello se debe a una combinación del aumento continuo de la mayoría de concentraciones de gases de efecto invernadero y una mejor estimación del forzamiento radiativo de los aerosoles. {GTI RRP C, 8.5.1}

El forzamiento radiativo de los aerosoles, que incluye ajustes de nube, se entiende mejor e indica un efecto de enfriamiento menor que en el Cuarto Informe de Evaluación. El forzamiento radiativo de los aerosoles durante 1750-2011 se estima en -0,9 [-1,9 a -0,1] W/m<sup>2</sup> (nivel de confianza medio). El forzamiento radiativo de los aerosoles tiene dos componentes opuestos: el efecto dominante de enfriamiento de la mayoría de los aerosoles y sus ajustes de nube, y un factor de calentamiento que en parte lo compensa a raíz de la absorción de la radiación solar por el carbono negro. Hay un nivel de confianza alto en cuanto a que el forzamiento radiativo total medio global de los aerosoles haya contrarrestado una parte sustancial del forzamiento radiativo de los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados. Los aerosoles



**Figura 1.4 | Forzamiento radiativo del cambio climático durante la era industrial (1750-2011).** Las barras muestran el forzamiento radiativo procedente de gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados (GEIHM), otros forzamientos antropógenos, el total de forzamientos antropógenos y forzamientos naturales. Las barras de error indican una incertidumbre de entre el 5% y el 95%. Otros forzamientos antropógenos incluyen cambios en aerosoles, en la reflectancia de la superficie de uso de la tierra y en el ozono. Los forzamientos naturales incluyen efectos solares y volcánicos. El forzamiento radiativo antropógeno total para 2011 con respecto a 1750 es 2,3 W/m<sup>2</sup> (intervalo de incertidumbre de 1,1 a 3,3 W/m<sup>2</sup>). Ello se corresponde con una concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente (véase el glosario) de 430 ppm (intervalo de incertidumbre de 340 a 520 ppm). {datos de GTI 7.5 y cuadro 8.6}

siguen constituyendo la mayor incertidumbre respecto a la estimación total del forzamiento radiativo. {GTI RRP C, 7.5, 8.3, 8.5.1}

Los cambios en la irradiación solar y los aerosoles volcánicos provocan un forzamiento radiativo natural (figura 1.4). El forzamiento radiativo provocado por los aerosoles volcánicos estratosféricos puede tener un gran efecto de enfriamiento en el sistema climático durante varios años tras grandes erupciones volcánicas. Según los cálculos, los cambios en la irradiación solar total habían contribuido solamente a alrededor del 2% del forzamiento radiativo total en 2011, con respecto a 1750. {GTI RRP C, figura RRP.5, 8.4}

## 1.2.2 Actividades humanas que afectan a los impulsores de emisiones

Alrededor de la mitad de las emisiones de CO<sub>2</sub> antropógenas acumuladas entre 1750 y 2011 se han producido en los últimos 40 años (nivel de confianza alto). Entre 1750 y 2011 se añadieron a la atmósfera emisiones de CO<sub>2</sub> antropógenas acumuladas de 2 040 ± 310 GtCO<sub>2</sub>. Desde 1970, las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas procedentes de la combustión de combustibles fósiles, la producción de cemento y la quema en antorcha se han triplicado, y las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU)<sup>22</sup> han aumentado alrededor del 40% (figura 1.5)<sup>23</sup>. En 2011 las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de combustibles fósiles, la producción de cemento y la quema en antorcha fueron de 34,8 ± 2,9 GtCO<sub>2</sub>/año. En 2002-2011, las emisiones anuales medias procedentes de la silvicultura y otros usos suelo fueron de 3,3 ± 2,9 GtCO<sub>2</sub>/año. {GTI 6.3.1, 6.3.2, GTIII RRP.3}

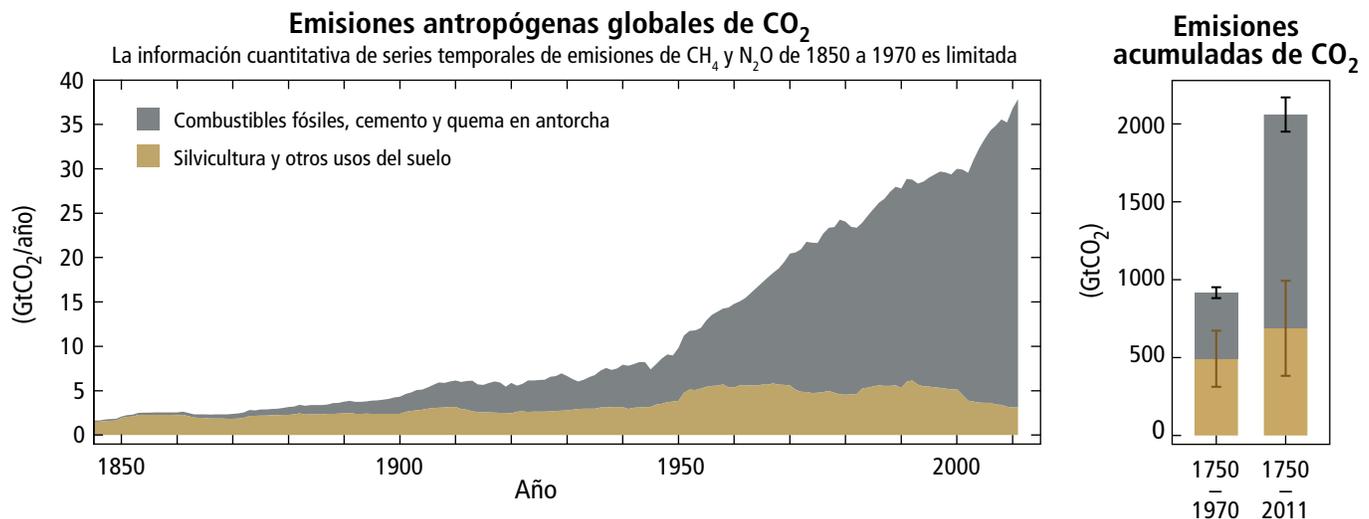
Alrededor del 40% de esas emisiones antropógenas de CO<sub>2</sub> permanecen en la atmósfera (880 ± 35 GtCO<sub>2</sub>) desde 1750. El resto fue removido de la atmósfera por sumideros, y almacenado en reservorios naturales del ciclo del carbono. Los sumideros relativos a la incorporación oceánica y la vegetación con suelos representan, aproximadamente en la misma medida, el resto de emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub>. El océano ha absorbido alrededor del 30% del CO<sub>2</sub> antropógeno emitido, provocando la acidificación del océano. {GTI 3.8.1, 6.3.1}

Las emisiones antropógenas anuales totales de gases de efecto invernadero han seguido aumentando entre 1970 y 2010 con mayores incrementos absolutos entre 2000 y 2010 (nivel de confianza alto). A pesar de un número creciente de políticas de mitigación del cambio climático, las emisiones anuales de gases de efecto invernadero crecieron en promedio un 1,0 GtCO<sub>2</sub>-eq (2,2%) al año, de 2000 a 2010, frente a 0,4 GtCO<sub>2</sub>-eq (1,3%) al año, de 1970 a 2000 (figura 1.6)<sup>24</sup>. Las emisiones antropógenas totales de gases de efecto invernadero de 2000 a 2010 fueron las más elevadas en la historia de la

<sup>22</sup> La silvicultura y otros usos del suelo (FOLU), también denominada uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (LULUCF), es el subconjunto de emisiones y remociones conexas a la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) de los gases de efecto invernadero (GEI) resultantes de las actividades humanas directamente relacionadas con el uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, excluidas las emisiones y remociones agrícolas. (véase el glosario del GTIII IE5).

<sup>23</sup> Cifras de GTI 6.3 convertidas a unidades de GtCO<sub>2</sub>. Las pequeñas diferencias en las emisiones acumuladas del Grupo de trabajo III {GTIII RRP.3, RT.2.1} se deben a los distintos métodos de redondeo, diferentes años abarcados y el uso de distintos conjuntos de datos para las emisiones procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU). Las estimaciones siguen siendo muy parecidas, dadas sus incertidumbres.

<sup>24</sup> La emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente constituye una escala común para comparar las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero. En el Informe de síntesis, cuando las emisiones históricas de gases de efecto invernadero se presentan en GtCO<sub>2</sub>-eq, estas se ponderan en potenciales de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG<sub>100</sub>), sobre la base del Segundo Informe de Evaluación del IPCC a menos que se indique de otro modo. La abreviatura utilizada es GtCO<sub>2</sub>-eq. {recuadro 3.2, glosario}



**Figura 1.5** | Emisiones antropógenas globales anuales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (gigatonelada de CO<sub>2</sub>-equivalente al año, GtCO<sub>2</sub>/año) procedentes de la combustión de combustibles fósiles, la producción de cemento y la quema en antorcha, y la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU), de 1750 a 2011. Las emisiones acumuladas y sus incertidumbres se muestran como barras y bigotes verticales, respectivamente, a la derecha. Los efectos globales de la acumulación de emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) se muestran en la figura 1.3. Los datos de las emisiones de gases de efecto invernadero de 1970 a 2010 se muestran en la figura 1.6. [modificado de GTI figura RT.4 y GTIII figura RT.2]

humanidad y alcanzaron 49 (±4,5) GtCO<sub>2</sub>-eq/año en 2010. La crisis económica mundial de 2007/2008 redujo las emisiones solo temporalmente. {GTIII RRP.3, 1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, recuadro RT.5, figura 15.1}

**Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de combustibles fósiles y los procesos industriales contribuyeron alrededor del 78% al aumento total de emisiones de gases de efecto invernadero entre 1970 y 2010, con una contribución con un porcentaje parecido durante el período 2000-2010 (nivel de confianza alto).** Las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con los combustibles fósiles alcanzaron los 32 (±2,7) GtCO<sub>2</sub>/año, en 2010, y siguieron creciendo alrededor de un 3% entre 2010 y 2011, y alrededor del 1% al 2% entre 2011 y 2012. El CO<sub>2</sub> sigue siendo el principal gas de efecto invernadero antropógeno y representó en 2010 el 76% de las emisiones antropógenas totales de gases de efecto invernadero. De la cifra total, el 16% procedía del metano (CH<sub>4</sub>), el 6,2% del óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), y el 2,0% de gases fluorados (figura 1.6)<sup>25</sup>. Anualmente, desde 1970, alrededor del 25% de las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han sido en forma de gases distintos del CO<sub>2</sub><sup>26</sup>. {GTIII RRP.3, 1.2, 5.2}

**Las emisiones antropógenas anuales totales de gases de efecto invernadero aumentaron alrededor de 10 GtCO<sub>2</sub>-eq entre 2000 y 2010. Ese aumento proviene directamente de los sectores de la energía (47%), la industria (30%), el transporte (11%) y los edificios (3%) (nivel de confianza medio). Si se tienen en cuenta las emisiones indirectas, las contribuciones de los sectores de los edificios y la industria son mayores (nivel de confianza alto).** Desde 2000 las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado en todos los sectores, salvo en la agricultura, silvicultura y otros

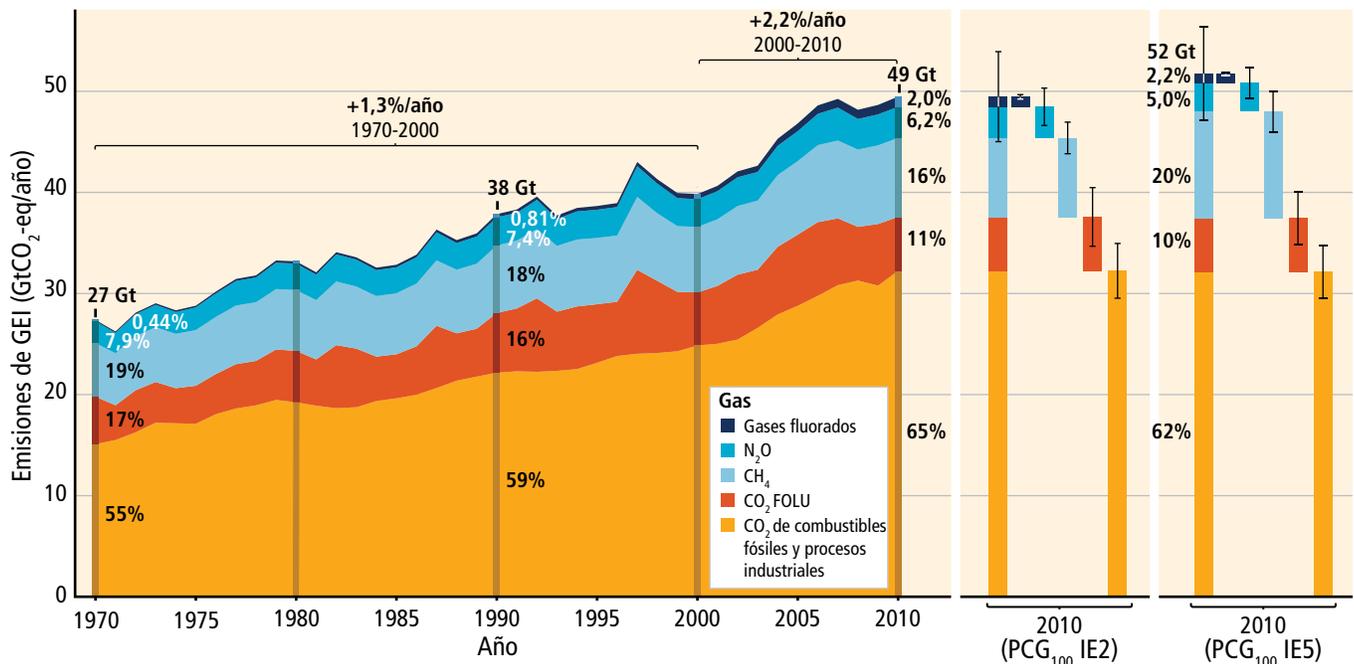
usos del suelo (AFOLU)<sup>22</sup>. En 2010 el 35% de las emisiones de gases de efecto invernadero fueron liberadas por el sector de la energía, el 24% (emisiones netas) por el sector AFOLU, el 21% por la industria, el 14% por el transporte, y el 6,4% por los edificios. Si las emisiones procedentes de la producción eléctrica y térmica se atribuyen a los sectores que utilizan la energía final (es decir, emisiones indirectas), los porcentajes de los sectores de la industria y los edificios en las emisiones globales de gases de efecto invernadero ascienden al 31% y al 19%, respectivamente (figura 1.7). {GTIII RRP.3, 7.3, 8.1, 9.2, 10.3, 11.2} Véase también el recuadro 3.2 para las contribuciones de diversos sectores, sobre la base de métricas distintas al potencial de calentamiento global a 100 años (PCG<sub>100</sub>).

**A nivel mundial, el crecimiento económico y el crecimiento demográfico continúan siendo los impulsores más importantes de los aumentos en las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la combustión de combustibles fósiles. La contribución del crecimiento demográfico entre 2000 y 2010 siguió siendo a grandes rasgos idéntica a los tres decenios anteriores, mientras que la contribución del crecimiento económico ha aumentado notablemente (nivel de confianza alto).** Entre 2000 y 2010, las emisiones derivadas de ambos factores fueron superiores a las reducciones en las emisiones logradas a raíz de las mejoras en la intensidad energética del producto interno bruto (PIB) (figura 1.8). El mayor uso del carbón respecto de otras fuentes de energía ha invertido la prolongada tendencia de descarbonización gradual (es decir, la reducción de la intensidad de carbono de la energía) del suministro de energía mundial. {GTIII RRP.3, RT.2.2, 1.3, 5.3, 7.2, 7.3, 14.3}

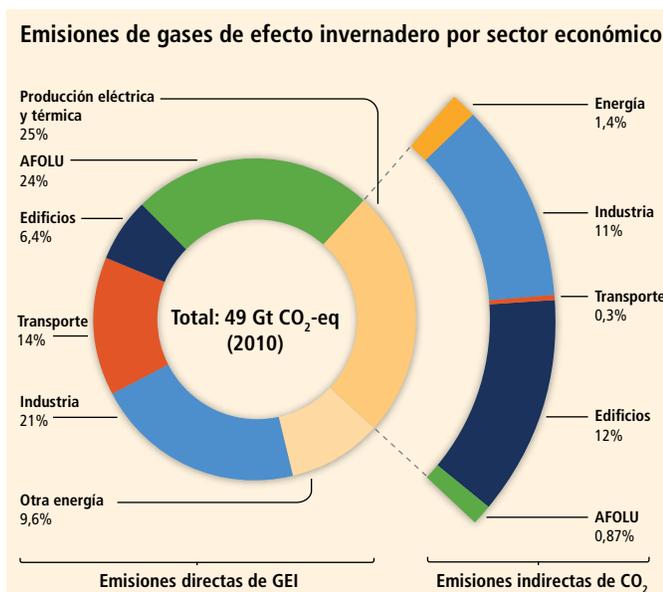
<sup>25</sup> Si se utilizan los valores más recientes de potencial de calentamiento global a 100 años (PCG<sub>100</sub>) del Quinto Informe de Evaluación (GTI 8.7), en lugar de los valores de PCG<sub>100</sub> del Segundo Informe de Evaluación del IPCC, los totales de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero serían ligeramente superiores (52 GtCO<sub>2</sub>-eq/año) y los porcentajes de emisiones distintas al CO<sub>2</sub> serían del 20% para el metano (CH<sub>4</sub>), el 5% para el óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) y el 2,2% para los gases fluorados.

<sup>26</sup> Para este período, los datos relativos a gases de efecto invernadero distintos al CO<sub>2</sub>, incluidos los gases fluorados, proceden de la base de datos EDGAR (Electronic Data Gathering, Analysis, and Retrieval) (GTIII anexo II.9), que abarca sustancias incluidas en el Protocolo de Kyoto en su primer período de compromiso.

### Emisiones antropógenas anuales totales de GEI por gases, 1970-2010

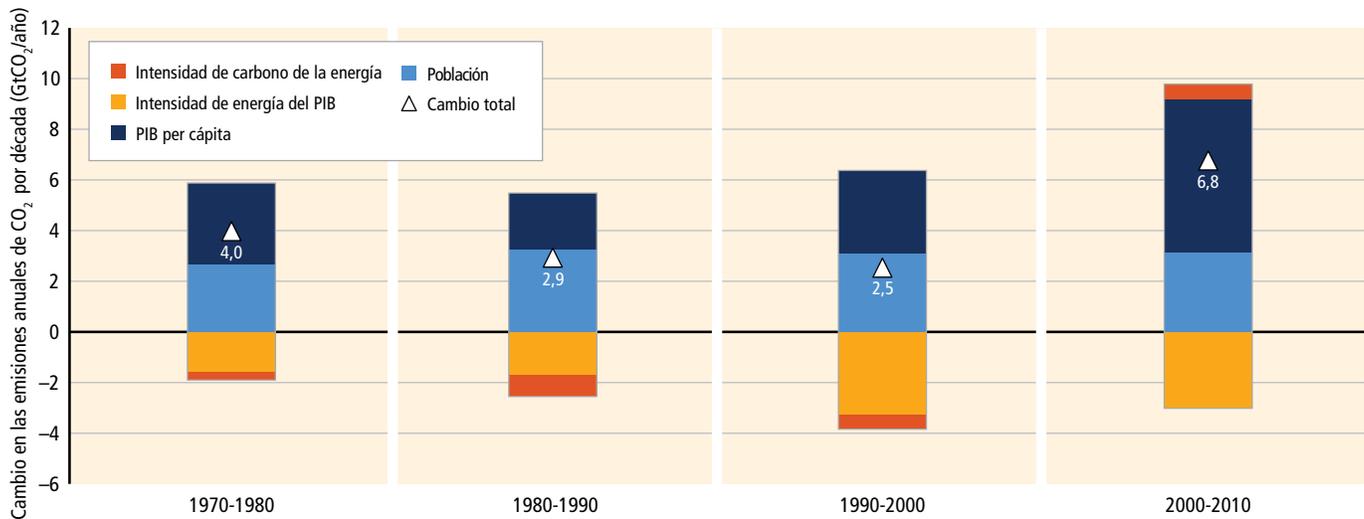


**Figura 1.6 |** Emisiones antropógenas anuales totales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO<sub>2</sub>-equivalente al año, GtCO<sub>2</sub>-eq/año) para el período comprendido entre 1970 y 2010, por gases: CO<sub>2</sub> procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO<sub>2</sub> procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); gases fluorados abarcados en el Protocolo de Kyoto. A la derecha se muestran las emisiones de 2010, con ponderaciones de emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente basadas en valores de los Informes de Evaluación segundo y quinto del IPCC. A menos que se indique de otro modo, las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente en el presente informe incluyen los gases citados en el Protocolo de Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y los gases fluorados) calculados sobre la base de valores del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG<sub>100</sub>) procedentes del Segundo Informe de Evaluación (véase el glosario). La utilización de valores de PCG<sub>100</sub> más recientes del Quinto Informe de Evaluación (barras de la derecha) daría un mayor nivel de emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero (52 GtCO<sub>2</sub>-eq/año) a raíz de una mayor contribución del metano, pero ello no cambiaría la tendencia a largo plazo de manera significativa. Otras opciones métricas cambiarían las contribuciones de diferentes gases (véase el recuadro 3.2). Los valores de 2010 se muestran nuevamente desglosados por componente, con las barras de error indicando las incertidumbres conexas (intervalo de confianza del 90%). Las emisiones globales de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de combustibles fósiles se conocen con un margen de incertidumbre del 8% (intervalo de confianza del 90%). Hay un gran nivel de incertidumbre (del orden de ±50%) respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la silvicultura y otros usos del suelo. La incertidumbre relativa a las emisiones globales de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y los gases fluorados se ha estimado en el 20%, el 60% y el 20%, respectivamente. El año 2010 fue el último con estadísticas de emisiones de todos los gases, así como evaluaciones de incertidumbres, en el momento de preparar el presente informe. Las estimaciones de incertidumbres solo corresponden a la incertidumbre en las emisiones, y no a los potenciales de calentamiento global (que figuran en GTI 8.7). [GTIII figura RRP.1]



**Figura 1.7 |** Emisiones antropógenas totales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO<sub>2</sub>-equivalente al año, GtCO<sub>2</sub>-eq/año) procedentes de los sectores económicos en 2010. El círculo muestra las emisiones directas de GEI (como porcentaje de las emisiones antropógenas totales de GEI) de cinco sectores económicos en 2010. El arco muestra cómo los porcentajes de emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> (como porcentaje de las emisiones antropógenas totales de GEI) procedentes de la producción eléctrica y térmica se atribuyen a los sectores de uso final de la energía. 'Otra energía' se refiere a todas las fuentes de emisión de GEI del sector de la energía que figuran en GTIII anexo II, excepto la producción eléctrica y térmica [GTIII anexo II.9.1]. Los datos de las emisiones de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) comprenden las emisiones terrestres de CO<sub>2</sub> debidas a incendios forestales, incendios de turba y descomposición de turba que se aproximan al flujo neto de CO<sub>2</sub> procedente del subsector de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) que se describen en el capítulo 11 del informe del Grupo de trabajo III. Las emisiones se convierten en CO<sub>2</sub>-equivalente sobre la base del potencial de calentamiento global a 100 años (PCG<sub>100</sub>) que figura en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. En GTIII anexo II.9 se proporcionan definiciones de los sectores. [GTIII figura RRP.2]

## Desglose del cambio en las emisiones globales totales de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de combustibles fósiles por década



**Figura 1.8** | Desglose del cambio decenal en las emisiones anuales totales de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de combustibles fósiles por cuatro factores impulsores: población, ingresos (producto interno bruto, PIB) per cápita, intensidad de energía del PIB e intensidad de carbono de la energía. Los segmentos de las barras muestran los cambios asociados con cada factor por separado, manteniendo constantes los demás factores respectivos. Los cambios en las emisiones totales se indican mediante un triángulo. Los cambios en las emisiones a lo largo de cada década se miden en gigatoneladas de CO<sub>2</sub> por año (GtCO<sub>2</sub>/año); los ingresos se convierten en unidades comunes utilizando paridades del poder adquisitivo. [GTIII RRP.3]

### 1.3 Atribución de cambios climáticos e impactos

La evidencia de la influencia humana en el sistema climático ha aumentado desde el Cuarto Informe de Evaluación. Se ha detectado la influencia humana en el calentamiento de la atmósfera y el océano, en alteraciones en el ciclo global del agua, en reducciones de la cantidad de nieve y hielo, y en la elevación del nivel medio global del mar; y es *sumamente probable* que haya sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX. En los últimos decenios, los cambios del clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y en los océanos. Los impactos se deben al cambio climático observado, independientemente de su causa, lo que indica la sensibilidad de los sistemas naturales y humanos al cambio del clima.

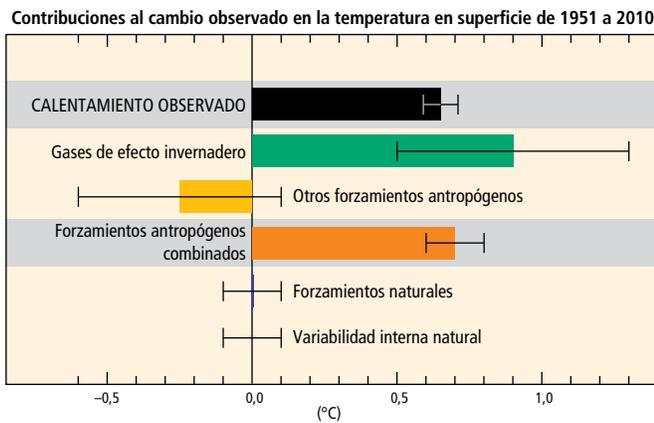
Las causas de los cambios observados en el sistema climático, así como en todo sistema natural o humano afectado por el clima, se establecen sobre la base de un conjunto sistemático de métodos. La detección aborda la cuestión de si el clima o un sistema natural o humano afectado por el clima ha cambiado desde un punto de vista estadístico, mientras que la atribución evalúa las contribuciones relativas de múltiples factores causales a un cambio o fenómeno observado con una asignación de confianza estadística<sup>27</sup>.

La atribución del cambio climático a causas cuantifica los vínculos entre el cambio climático observado y la actividad humana, así como otros impulsores naturales y climáticos. En cambio, la atribución de impactos observados al cambio climático considera los vínculos entre los cambios observados en los sistemas naturales o humanos y el cambio climático observado, independientemente de su causa. Los resultados de estudios que atribuyen el cambio climático a causas proporcionan estimaciones de la magnitud del calentamiento en respuesta a los cambios en el forzamiento radiativo y, por tanto, apoyan las proyecciones de cambio climático futuro (tema 2). Los resultados de estudios que atribuyen los impactos al cambio climático proporcionan indicios sólidos sobre la sensibilidad de los sistemas naturales o humanos al cambio climático futuro. [GTI 10.8, GTII RRP A-1, glosarios de GTI/III/IIII/Informe de síntesis]

#### 1.3.1 Atribución de cambios climáticos a las influencias humanas o naturales sobre el sistema climático

Es *sumamente probable* que más de la mitad del aumento observado en la temperatura media global en superficie en el período de 1951 a 2010 haya sido causado por la combinación del incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero antropógenos y de otros forzamientos antropógenos (figura 1.9). De acuerdo con las mejores estimaciones, la contribución de la actividad humana al calentamiento es similar al calentamiento observado durante ese período. Es *probable* que los gases de efecto invernadero hayan contribuido al calentamiento medio global en superficie en un rango de 0,5°C a 1,3°C durante el período de 1951 a 2010, con las contribuciones de otros forzamientos antropógenos, incluido el efecto refrigerante de los aerosoles, de los forzamientos naturales y de la variabilidad interna natural (véase la figura 1.9). De forma conjunta,

<sup>27</sup> Las definiciones provienen del *Good Practice Guidance Paper on Detection and Attribution*, producto acordado de la Reunión de expertos del IPCC sobre detección y atribución respecto al cambio climático antropógeno; véase el glosario.



**Figura 1.9** | Rangos evaluados probables (bigotes) y sus puntos medios (barras) para las tendencias de calentamiento en el período 1951-2010 debidas a los gases de efecto invernadero homogéneamente mezclados, otros forzamientos antropógenos (incluidos el efecto refrigerante de los aerosoles y el efecto de los cambios en el uso del suelo), forzamientos antropógenos combinados, forzamientos naturales y la variabilidad interna natural (que es el elemento de la variabilidad climática que surge espontáneamente en el sistema climático, aunque no haya forzamientos). El cambio observado en la temperatura en superficie se muestra en negro, con un intervalo de incertidumbre de 5% a 95% debido a la incertidumbre de las observaciones. Los intervalos de calentamiento atribuidos (en color) se basan en observaciones combinadas con simulaciones de modelos climáticos, con el fin de estimar la contribución de un forzamiento externo concreto al calentamiento observado. La contribución de los forzamientos antropógenos combinados puede estimarse con menos incertidumbre que las contribuciones de los gases de efecto invernadero y otros forzamientos antropógenos por separado. Ello se debe a que ambas contribuciones se compensan en parte, lo que da lugar a una señal que está mejor limitada por las observaciones. *[basado en la figura GTI RT.10]*

las contribuciones evaluadas se ajustan al calentamiento observado de aproximadamente 0,6 °C a 0,7 °C durante este período. *{GTI RRP D.3, 10.3.1}*

Es *muy probable* que la influencia antropógena, sobre todo de los gases de efecto invernadero y la reducción del ozono estratosférico, haya dado lugar a un patrón observado detectable del calentamiento troposférico y al correspondiente enfriamiento en la estratosfera inferior desde 1961. *{GTI RRP D.3, 2.4.4, 9.4.1, 10.3.1}*

Es *probable* que en todas las regiones continentales, excepto la Antártida, los forzamientos antropógenos hayan contribuido sustancialmente a los aumentos de la temperatura en superficie desde mediados del siglo XX (figura 1.10). En el caso de la Antártida, debido a la gran incertidumbre relativa a las observaciones, existe un *nivel de confianza bajo* en cuanto a que los forzamientos antropógenos hayan contribuido al calentamiento observado promedio en las estaciones disponibles. En cambio, es probable que haya habido una contribución antropógena al calentamiento muy sustancial del Ártico desde mediados del siglo XX. Es *probable* que la influencia humana haya contribuido a aumentos de la temperatura en muchas regiones subcontinentales. *{GTI RRP D.3, RT.4.8, 10.3.1}*

Es *muy probable* que las influencias antropógenas hayan contribuido a la pérdida de hielo marino en el Ártico desde 1979 (figura 1.10). Existe un *nivel de confianza bajo* en relación con el conocimiento científico acerca del ligero aumento observado en la extensión del hielo marino de la Antártida, debido a explicaciones

científicas incompletas y contradictorias en relación con las causas de cambio; así como un *nivel de confianza bajo* en las estimaciones de la variabilidad interna natural en esa región. *{GTI RRP D.3, 10.5.1, figura 10.16}*

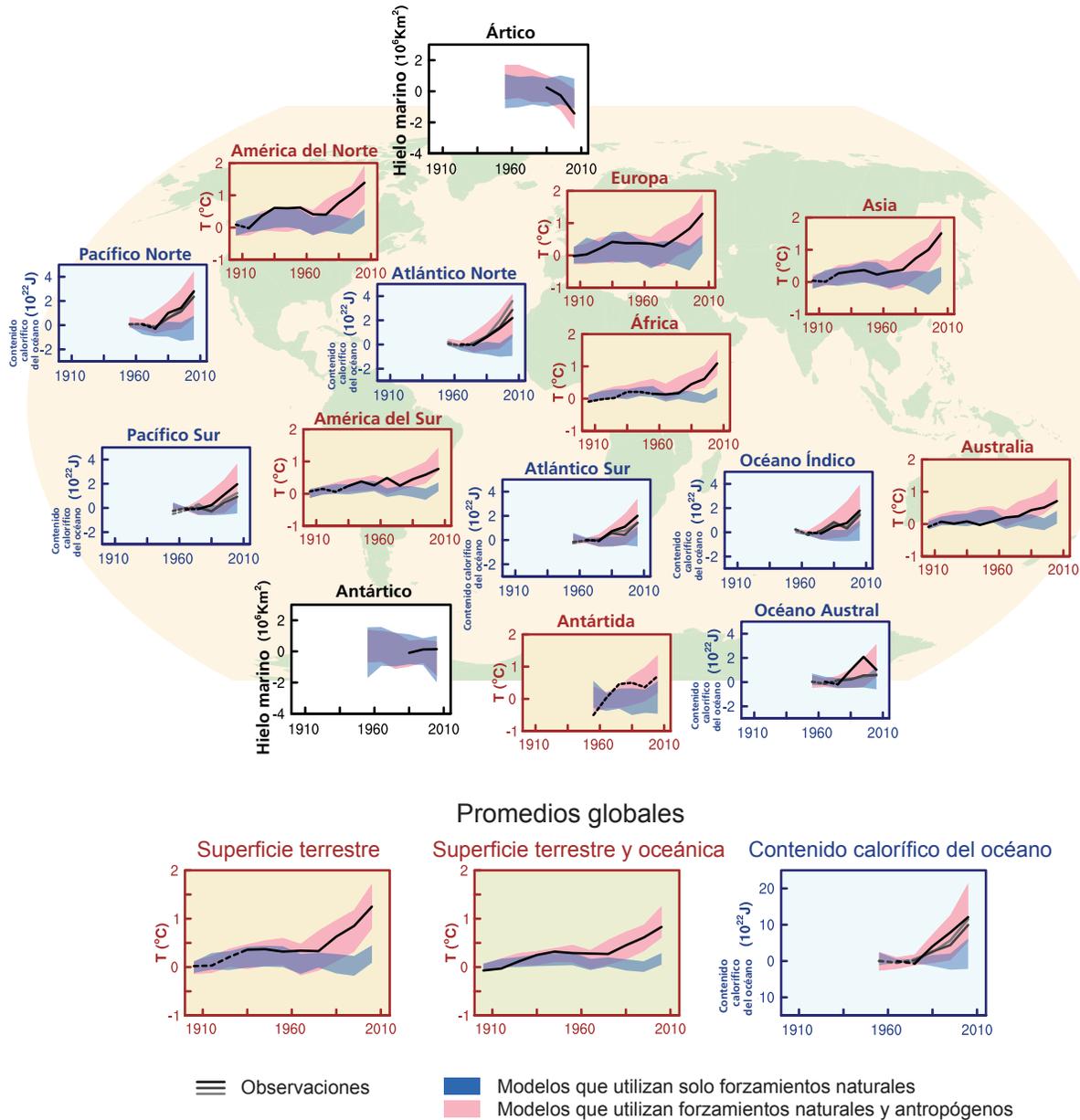
Es *probable* que la influencia antropógena haya contribuido al retroceso de los glaciares desde la década de 1960 y a una mayor fusión en la superficie del manto de hielo de Groenlandia desde 1993. No obstante, debido al bajo nivel de conocimiento científico, existe un *nivel de confianza bajo* en las causas atribuidas para la pérdida de masa observada del manto de hielo en la Antártida en los últimos dos decenios. Es *probable* que, desde 1970, haya habido una contribución antropógena a las reducciones observadas en el manto de nieve en primavera en el hemisferio norte. *{GTI 4.3.3, 10.5.2, 10.5.3}*

Es *probable* que las influencias antropógenas hayan afectado al ciclo global del agua desde 1960, influencias que han contribuido a los aumentos observados en el contenido de humedad en la atmósfera (*nivel de confianza medio*), a los cambios a escala global en los patrones de precipitación en la superficie terrestre (*nivel de confianza medio*), a la intensificación de precipitaciones fuertes sobre regiones terrestres donde se dispone de suficientes datos (*nivel de confianza medio*) (véase 1.4), y a cambios en la salinidad del océano en su capa superficial y por debajo de ella (*muy probable*). *{GTI RRP D.3, 2.5.1, 2.6.2, 3.3.2, 3.3.3, 7.6.2, 10.3.2, 10.4.2, 10.6}*

Es *muy probable* que los forzamientos antropógenos hayan contribuido sustancialmente a aumentos en el contenido global de calor en la capa superior del océano (0-700 m) observado desde la década de 1970 (figura 1.10). Existen evidencias de la influencia humana en algunas cuencas oceánicas. Es *muy probable* que la contribución antropógena a la elevación del nivel medio global del mar haya sido sustancial desde la década de 1970, lo cual halla sustento en el *nivel de confianza alto* que se tiene en la influencia antropógena ejercida en las dos mayores contribuciones a la elevación del nivel del mar: la expansión térmica y la pérdida de masa de los glaciares. La incorporación de CO<sub>2</sub> antropógeno en los océanos ha dado lugar a la acidificación progresiva de sus aguas superficiales (*nivel de confianza alto*). *{GTI RRP D.3, 3.2.3, 3.8.2, 10.4.1, 10.4.3, 10.4.4, 10.5.2, 13.3, recuadro 3.2, RT.4.4, GTII 6.1.1.2, recuadro CC-AO}*

### 1.3.2 Impactos observados atribuidos al cambio climático

En los últimos decenios, los cambios en el clima han tenido un impacto en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y en los océanos. Los impactos se deben al cambio climático observado, independientemente de su causa, lo que apunta a la sensibilidad de los sistemas naturales y humanos al clima cambiante. La evidencia de los impactos del cambio climático observado es más sólida y más amplia para los sistemas naturales. Algunos impactos en los sistemas humanos también se han atribuido al cambio climático, con una contribución mayor o menor del cambio climático distinguible de otras influencias (figura 1.11). Los impactos en los sistemas humanos suelen ser heterogéneos geográficamente porque dependen no solo de cambios en las variables climáticas, sino



**Figura 1.10** | Comparación del cambio observado y simulado en las temperaturas en la superficie terrestre continental (gráficos amarillos), extensión del hielo marino en septiembre en el Ártico y el Antártico (gráficos blancos), y contenido calorífico en las capas superiores del océano de las principales cuencas oceánicas (gráficos azules). También se muestran los cambios en el promedio global. Las anomalías se describen en relación con el período 1880-1919 por lo que respecta a las temperaturas en superficie, con el período 1960-1980 por lo que se refiere al contenido calorífico del océano, y con el período 1979-1999 por lo que respecta al hielo marino. Todas las series temporales se componen de promedios decenales, representados en la mitad del decenio. En los gráficos de temperaturas, las observaciones se señalan con líneas discontinuas cuando la cobertura espacial de las regiones examinadas es inferior al 50%. En los gráficos relativos al contenido calorífico del océano y de hielo marino, las líneas continuas muestran las zonas donde la cobertura de datos es buena y de mayor calidad y las líneas discontinuas muestran las zonas donde la cobertura de datos solo es suficiente, en las que, por lo tanto, la incertidumbre es mayor (obsérvese que las distintas líneas indican distintos conjuntos de datos; para más información, consúltese GTI figura RRP.6). Los resultados de los modelos mostrados representan gamas de conjuntos para varios modelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5), con bandas sombreadas que muestran unos intervalos de confianza de entre el 5% y el 95%. {GTI figura RRP 6; para más información, véase GTI figura RT.12}

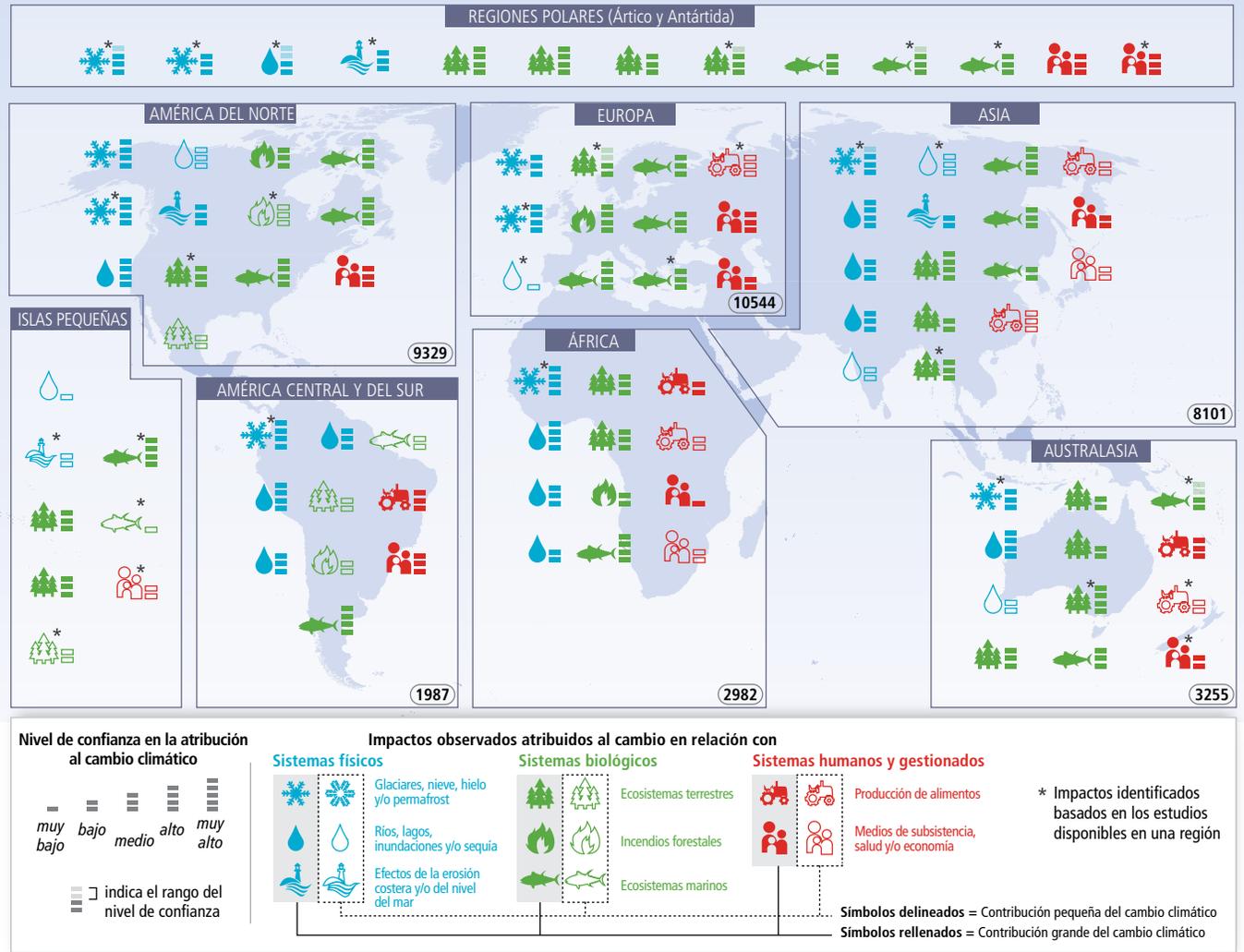
también de factores sociales y económicos. Por tanto, los cambios son más fáciles de observar a nivel local, mientras que la atribución puede seguir siendo difícil. {GTII RRP A-1, RRP A-3, 18.1, 18.3-18.6}

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

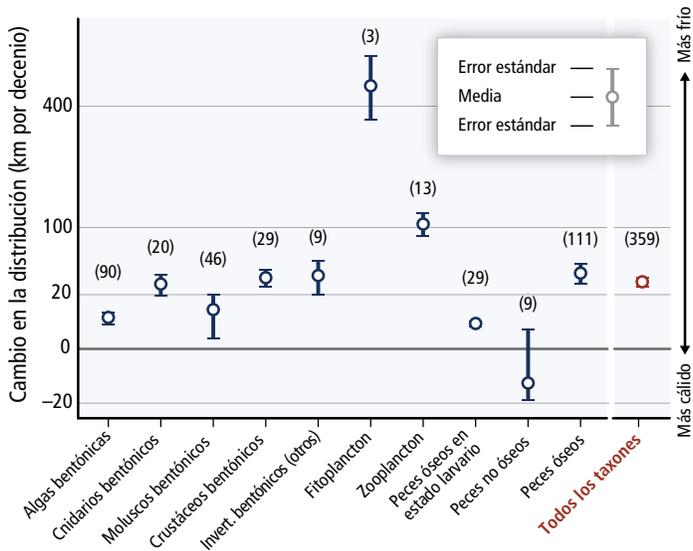
(*nivel de confianza alto*), lo que afecta a la escorrentía y los recursos hídricos aguas abajo (*nivel de confianza medio*). El cambio climático está causando el calentamiento y el deshielo del permafrost en las regiones de altas latitudes y en las regiones elevadas (*nivel de confianza alto*). {GTII RRP A-1}

**Muchas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas han modificado sus áreas de distribución geográfica, actividades estacionales, pautas migratorias, abundancias e interacciones con**

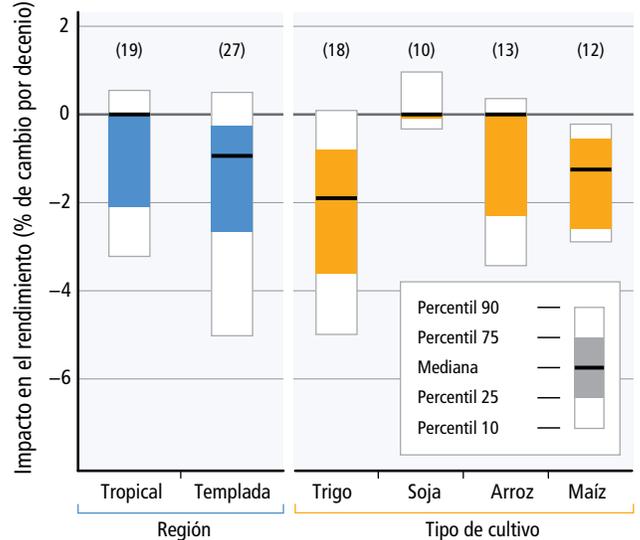
a) Impactos generalizados atribuidos al cambio climático sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación



b)



c)





**Figura 1.11** | Impactos generalizados en un mundo cambiante: **a)** Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La atribución requiere evidencia científica sobre el papel del cambio climático. La ausencia en el mapa de otros impactos atribuidos al cambio climático no implica que esos impactos no hayan ocurrido. Las publicaciones que sustentan los impactos atribuidos reflejan una base de conocimientos cada vez mayor, aunque las publicaciones siguen siendo limitadas para muchas regiones, sistemas y procesos, lo que pone de relieve las lagunas en los datos y estudios. 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. Cada símbolo hace referencia a una o más entradas en GTII cuadro RRP.A1, de modo que se agrupan impactos conexos a escala regional. Las cifras en los óvalos indican totales regionales de publicaciones relativas al cambio climático de 2001 a 2010, según la base de datos bibliográfica Scopus para publicaciones en inglés en que el nombre de un país se menciona en el título, en el resumen o en las palabras clave (en julio de 2011). Estas cifras proporcionan una idea general de la documentación científica disponible sobre el cambio climático en las regiones; no indican el número de publicaciones que apoyan la atribución de los impactos del cambio climático en cada región. Los estudios relativos a las regiones polares y las islas pequeñas se agrupan con las regiones continentales vecinas. La inclusión de publicaciones para la evaluación de la atribución se ajustó a los criterios del IPCC sobre evidencia científica definidos en GTII capítulo 18. Las publicaciones incluidas en los análisis de atribución proceden de una gama más amplia de documentos evaluados en el GTII IES. Véase el GTII cuadro RRP.A1 para la descripción de los impactos atribuidos. **b)** Promedio de las tasas de cambio en la distribución (km por decenio) para grupos taxonómicos marinos sobre la base de 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). Se da el número de respuestas analizadas para cada categoría. **c)** Resumen de los impactos estimados de los cambios climáticos observados en relación con el rendimiento 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. {GTII figura RRP.2, recuadro RT.1 figura 1}

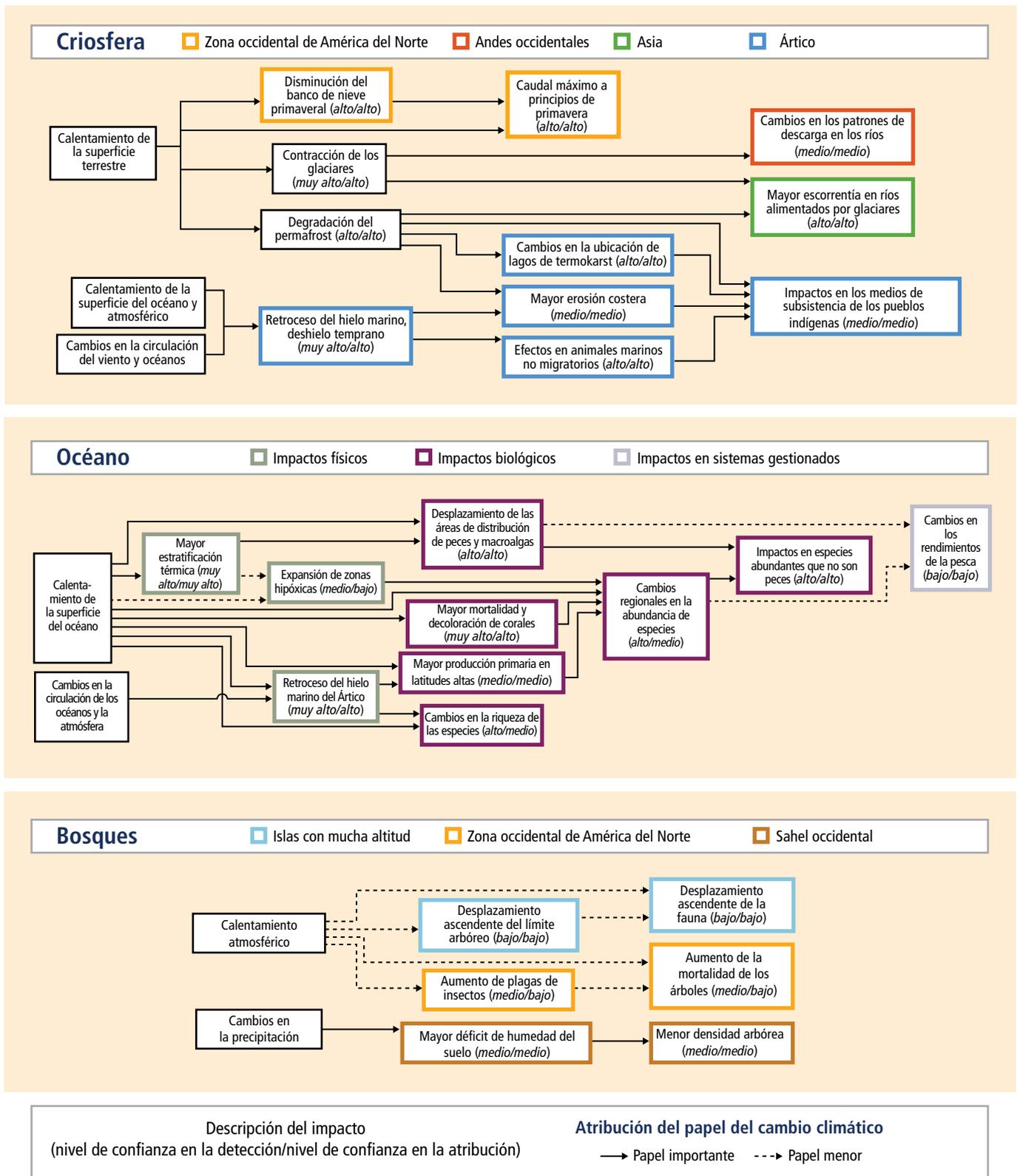
**otras especies en respuesta al cambio climático en curso (nivel de confianza alto).** Mientras que tan solo se han atribuido hasta ahora unas cuantas extinciones recientes de especies al cambio climático (*nivel de confianza alto*), el cambio climático global natural a velocidades inferiores a las del actual cambio climático antropógeno causó en los últimos millones de años importantes modificaciones de los ecosistemas y extinciones de especies (*nivel de confianza alto*). La mayor mortalidad de los árboles, observada en muchos lugares del mundo, se ha atribuido al cambio climático en algunas regiones. Se han detectado aumentos en la frecuencia o intensidad de las perturbaciones de los ecosistemas, como sequías, tormentas de viento, incendios y plagas en muchas partes del mundo y, en algunos casos, se atribuyen al cambio climático (*nivel de confianza medio*). Numerosas observaciones en los últimos decenios en todas las cuencas oceánicas muestran cambios en la abundancia, cambios en la distribución hacia los polos o hacia aguas más profundas o frías en los peces marinos, invertebrados y fitoplancton (*nivel de confianza muy alto*), y cambios en la composición de los ecosistemas (*nivel de confianza alto*), con arreglo a las tendencias climáticas. Algunos corales de aguas cálidas y sus arrecifes han respondido al calentamiento con la sustitución de especies, la decoloración y la reducción de la cubierta coralina, lo que ha provocado la pérdida de hábitat (*nivel de confianza alto*). Algunos de los impactos de la acidificación oceánica en los organismos marinos se han atribuido a la influencia humana, desde la reducción del grosor de la concha de los pterópodos y foraminíferos (*nivel de confianza medio*) a la menor tasa de crecimiento de los corales (*nivel de confianza bajo*). Las zonas con niveles mínimos de oxígeno son cada vez 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, y están restringiendo el hábitat de los peces (*nivel de confianza medio*). {GTII RRP A-1, cuadro RRP.A1, RT A-1, 6.3.2.5, 6.3.3, 18.3-18.4, 30.5.1.1, recuadro CC-AO, recuadro CC-AC}

**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 (véase la figura 1.11c). Los impactos observados están más relacionados con los aspectos de la seguridad alimentaria de la producción que con el acceso u otros componentes de la seguridad alimentaria. 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 apuntan a la sensibilidad de los mercados actuales a, entre otros factores, los fenómenos climáticos extremos (*nivel de confianza medio*). {GTII RRP A-1}

**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*). {GTII RRP A-1}

**Los impactos “en cascada” del cambio climático pueden atribuirse a lo largo de cadenas de evidencia que van desde el clima físico, pasando por sistemas intermedios, hasta las personas (figura 1.12).** Los cambios en el clima que contribuyen a la cascada, en algunos casos, están vinculados a impulsores humanos (por ejemplo, un menor caudal de agua en los bancos de nieve en primavera en la parte occidental de América del Norte), mientras que, en otros casos, no se dispone de evaluaciones de las causas del cambio climático observado que afluyen a la cascada. En todos los casos, la confianza en la detección y la atribución relativas al cambio climático disminuye para los efectos a medida que se desciende por las distintas cadenas de impactos. {GTII 18.6.3}



**Figura 1.12** | Principales sistemas en que la nueva evidencia indica impactos interconectados “en cascada” derivados del cambio climático reciente a través de varios subsistemas naturales y humanos. El texto entre paréntesis indica el nivel de confianza en la detección de un efecto del cambio climático y en la atribución de impactos observados al cambio climático. El papel del cambio climático puede ser importante (flecha continua) o menor (flecha discontinua). La evidencia inicial indica que, con respecto al impacto en los sistemas humanos, la acidificación del océano sigue tendencias similares al calentamiento del océano. [GTII figura 18-4]

## 1.4 Episodios extremos

Desde aproximadamente 1950 se han observado cambios en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Algunos de estos cambios han sido asociados con influencias humanas, como por ejemplo la disminución de las temperaturas frías extremas, el aumento de las temperaturas cálidas extremas, la elevación de los niveles máximos del mar y el mayor número de precipitaciones intensas en diversas regiones.

Es *muy probable* que el número de días y noches fríos haya disminuido y que el número de días y noches cálidos haya aumentado a escala mundial. Es *probable* que en gran parte de Europa, Asia y Australia haya aumentado la frecuencia de las olas de calor. Es *muy probable* que la influencia humana haya contribuido a los cambios a escala global observados en la frecuencia e intensidad de las temperaturas extremas diarias desde mediados del siglo XX. Es *probable* que la influencia humana haya duplicado con creces la probabilidad de ocurrencia de olas de calor en algunas localidades. {GTI RRP B.1, RRP D.3, cuadro RRP.1, PF 2.2, 2.6.1, 10.6}

Existe un *nivel de confianza medio* en cuanto a que el calentamiento observado haya aumentado la mortalidad humana relacionada con el calor y haya reducido la relacionada con el frío en algunas regiones. Los fenómenos de calor extremo actualmente dan lugar a aumentos en la mortalidad y morbilidad en América del Norte (*nivel de confianza muy alto*) y en Europa, con impactos que varían según la edad de la persona, la ubicación y los factores socioeconómicos (*nivel de confianza alto*). {GTII RRP A-1, 11.4.1, cuadro 23-1, 26.6.1.2}

Es *probable* que existan más regiones terrestres en las que haya aumentado el número de sucesos de precipitaciones intensas que en las que haya disminuido. Es *probable* que la frecuencia e intensidad de las precipitaciones intensas haya aumentado en América del Norte y Europa. En otros continentes existe, como máximo, un *nivel de confianza medio* respecto a las tendencias. Es *muy probable* que la humedad específica cerca de la superficie y troposférica global haya aumentado desde la década de 1970. En regiones terrestres en que la cobertura de las observaciones es suficiente para la evaluación, existe un *nivel de confianza medio* en cuanto a que el forzamiento antropógeno haya contribuido a una intensificación a escala global de las precipitaciones intensas durante la segunda mitad del siglo XX. {GTI RRP B-1, 2.5.1, 2.5.4-2.5.5, 2.6.2, 10.6, cuadro RRP.1, PF 2.2, SREX cuadro 3-1, 3.2}

Existe un *nivel de confianza bajo* en cuanto a que el cambio climático antropógeno haya afectado la frecuencia y magnitud de las inundaciones fluviales a escala global. La solidez de la evidencia se ve limitada principalmente por la falta de registros a largo plazo de captaciones no gestionadas. Además, las inundaciones están fuertemente influidas por muchas actividades humanas que afectan a las captaciones, por lo que resulta difícil atribuir los cambios detectados al cambio climático. No obstante, la reciente detección de una tendencia creciente en las precipitaciones y caudales extremos en algunas

captaciones conlleva mayores riesgos de inundación a escala regional (*nivel de confianza medio*). Los costos relacionados con los daños de las inundaciones, a nivel mundial, han aumentado desde la década de 1970, aunque ello se debe en parte a la mayor exposición de las personas y los activos. {GTI 2.6.2, GTII 3.2.7, SREX RRP B}

Existe un *nivel de confianza bajo* en cuanto a las tendencias observadas a escala global de las sequías, debido a la falta de observaciones directas, la dependencia de las tendencias inferidas con respecto a la definición adoptada para la sequía, y debido a las inconsistencias geográficas en las tendencias relativas a las sequías. También existe un *nivel de confianza bajo* en cuanto a la atribución de cambios en las sequías en zonas terrestres a nivel global desde mediados del siglo XX, debido a las mismas incertidumbres observacionales y dificultades para diferenciar la variabilidad a escala decenal de las sequías de las tendencias a largo plazo. {GTI cuadro RRP.1, 2.6.2.3, 10.6, figura 2.33, GTII 3.ES, 3.2.7}

Existe un *nivel de confianza bajo* en cuanto a que los cambios a largo plazo en la actividad de los ciclones tropicales sean estables, y existe un *nivel de confianza bajo* en la atribución de cambios globales a una causa concreta. No obstante, es *prácticamente seguro* que la intensidad de la actividad de los ciclones tropicales haya aumentado en el Atlántico Norte desde 1970. {GTI cuadro RRP.1, 2.6.3, 10.6}

Es *probable* que los niveles del mar extremos (por ejemplo, los que se producen con las mareas meteorológicas) hayan aumentado desde 1970, principalmente como consecuencia del aumento del nivel medio del mar. Debido a la escasez de estudios y la dificultad para distinguir los impactos de ese tipo de otras alteraciones de los sistemas costeros, se dispone de evidencia limitada sobre los impactos del aumento del nivel del mar. {GTI 3.7.4-3.7.6, figura 3.15, GTII 5.3.3.2, 18.3}

Los impactos de fenómenos extremos recientes relacionados con el clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, revelan una vulnerabilidad y exposición considerables de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la variabilidad climática actual (*nivel de confianza muy alto*). Los impactos de esos fenómenos extremos relacionados con el clima incluyen la alteración de los ecosistemas, la alteración de la producción de alimentos y el abastecimiento de agua, daños en la infraestructura y asentamientos, la morbilidad y mortalidad humanas y consecuencias para la salud mental y el bienestar humano. Independientemente del nivel de desarrollo de un país, esos impactos coinciden con una falta considerable de preparación para la variabilidad climática actual en algunos sectores. {GTII RRP A-1, 3.2, 4.2-3, 8.1, 9.3, 10.7, 11.3, 11.7, 13.2, 14.1, 18.6, 22.2.3, 22.3, 23.3.1.2, 24.4.1, 25.6-8, 26.6-7, 30.5, cuadro 18-3, cuadro 23-1, figura 26-2, recuadro 4-3, recuadro 4-4, recuadro 25-5, recuadro 25-6, recuadro 25-8, recuadro CC-AC}

Las pérdidas directas y aseguradas a raíz de desastres relacionados con la meteorología han aumentado sustancialmente en los últimos decenios, tanto a nivel global como regional. La mayor exposición de las personas y los activos económicos ha sido la principal causa de los aumentos a largo plazo en las pérdidas económicas a raíz de desastres relacionados con la meteorología y el clima (*nivel de confianza alto*). {GTII 10.7.3, SREX RRP B, 4.5.3.3}

## 1.5 Exposición y vulnerabilidad

La naturaleza y la gravedad de los impactos derivados del cambio climático y los fenómenos extremos surgen de un riesgo que depende no solo de los peligros relacionados con el clima, sino también de la exposición (personas y activos en riesgo) y la vulnerabilidad (susceptibilidad a sufrir daños) de los sistemas humanos y naturales.

La exposición y la vulnerabilidad se ven influidas por una amplia gama de procesos y factores sociales, económicos y culturales que no se han tenido debidamente en cuenta hasta la fecha, lo que dificulta las evaluaciones cuantitativas de sus tendencias futuras (*nivel de confianza alto*). 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. {GTII RRP A-3, SREX RRP B}

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. Las personas que están marginadas en los planos social, económico, cultural, político o institucional o de otro modo 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. {GTII RRP A-1, figura RRP1, 8.1-8.2, 9.3-9.4, 10.9, 11.1, 11.3-11.5, 12.2-12.5, 13.1-13.3, 14.1-14.3, 18.4, 19.6, 23.5, 25.8, 26.6, 26.8, 28.4, recuadro CC-GC}

Los peligros relacionados con el 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 relacionados con el 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 la destrucción de hogares e, indirectamente, a través de, por ejemplo, aumentos en los precios de los alimentos y la inseguridad alimentaria. Los efectos positivos observados para los pobres y los marginados, que son reducidos y generalmente indirectos, incluyen ejemplos como la diversificación de las redes sociales y de las prácticas agrícolas. {GTII RRP A-1, 8.2-8.3, 9.3, 11.3, 13.1-13.3, 22.3, 24.4, 26.8}

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 subsistencia. {GTII RRP A-1, 12.5, 19.2, 19.6}

## 1.6 Respuestas humanas al cambio climático: adaptación y mitigación

La experiencia relativa a la adaptación y la mitigación se va acumulando en las distintas regiones y escalas, mientras siguen aumentando las emisiones antropógenas globales de gases de efecto invernadero.

A lo largo de la historia, los pueblos y las sociedades se han adaptado al clima, a su variabilidad y a sus extremos, y les han hecho frente, con diversos grados de éxito. En el clima cambiante de hoy, la acumulación de experiencia con esfuerzos de adaptación y mitigación puede ofrecer oportunidades para el aprendizaje y el perfeccionamiento (3, 4). {GTII RRP A-2}

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 existentes, 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. {GTII RRP A-2, 4.4, 5.5, 6.4, 8.3, 9.4, 11.7, 14.1, 14.3-14.4, 15.2-15.5, 17.2-17.3, 21.3, 21.5, 22.4, 23.7, 25.4, 26.8-26.9, 30.6, recuadro 25-1, recuadro 25-2, recuadro 25-9, recuadro CC-EA}

Los gobiernos de distintos niveles han comenzado a desarrollar planes y políticas de adaptación y a integrar las consideraciones del cambio climático en planes de desarrollo más amplios. Actualmente se dispone de ejemplos de adaptación de todas las regiones del mundo (véase el tema 4 para más información sobre opciones y políticas de adaptación en apoyo de su aplicación). {GTII RRP A-2, 22.4, 23.7, 24.4-24.6, 24.9, 25.4, 25.10, 26.7-26.9, 27.3, 28.2, 28.4, 29.3, 29.6, 30.6, cuadro 25-2, cuadro 29-3, figura 29-1, recuadro 5-1, recuadro 23-3, recuadro 25-1, recuadro 25-2, recuadro 25-9, recuadro CC-CT}

Ha habido un aumento global en las emisiones antropógenas y los impactos climáticos, a pesar de las actividades de mitigación que han tenido lugar en muchas partes del mundo. Si bien se han desarrollado o aplicado diversas iniciativas de mitigación entre las escalas subnacional y global, tal vez sea prematuro realizar una evaluación completa de su impacto. {GTIII RRP.3, RRP.5}



# 2

## **Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos**

## Tema 2: Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos

La emisión continua de gases de efecto invernadero causará un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, lo que hará que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas. Para contener el cambio climático sería necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual, junto con la adaptación, puede limitar los riesgos del cambio climático.

El tema 2 evalúa las proyecciones de cambio climático futuro y los consiguientes riesgos e impactos. En la sección 2.1 se señalan los factores que determinan el cambio climático futuro, incluidos escenarios de emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI). En los recuadros 2.1 a 2.3 se describen los métodos e instrumentos empleados para realizar proyecciones del clima, sus efectos y riesgos, y su evolución desde el Cuarto Informe de Evaluación (IE4) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). En la sección 2.2 se detallan los cambios proyectados en el sistema climático, incluidos la incertidumbre conexa y el nivel de confianza de los expertos en las proyecciones. En la sección 2.3 se evalúan los impactos futuros del cambio climático en los sistemas naturales y humanos y los riesgos asociados. El tema 2 concluye con una evaluación de cambios irreversibles, cambios bruscos y cambios más allá de 2100 en la sección 2.4.

### 2.1 Impulsores clave del clima futuro y fundamento de las proyecciones

Las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente. Las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero presentan un amplio margen de variación, en función del desarrollo socioeconómico y la política climática.

se examinan resultados sobre la base de una jerarquía de modelos climáticos, que van de modelos idealizados sencillos, pasando por modelos de complejidad intermedia, a amplios modelos de circulación general, incluidos Modelos del sistema Tierra que también simulan el ciclo del carbono. Los modelos de la circulación general simulan numerosos aspectos climáticos, incluidos la temperatura de la atmósfera y los océanos, la precipitación, los vientos, las nubes, las corrientes oceánicas y la extensión del hielo marino. Los modelos se contrastan de forma amplia con observaciones históricas (recuadro 2.1). {GTI 1.5.2, 9.1.2, 9.2, 9.8.1}

Con el fin de obtener proyecciones del cambio climático, los modelos climáticos utilizan la información descrita en los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos y pautas de uso de las tierras. Los escenarios se generan mediante diversos enfoques, que van de experimentos idealizados sencillos a modelos

Los modelos climáticos son representaciones matemáticas de procesos importantes en el sistema climático de la Tierra. En el presente informe

#### Recuadro 2.1 | Avances, confianza e incertidumbre en la modelación del sistema climático de la Tierra

Las mejoras en los modelos climáticos desde el Cuarto Informe de Evaluación (IE4) del IPCC son evidentes en las simulaciones de la temperatura en superficie a escala continental, la precipitación a gran escala, el monzón, el hielo marino en el Ártico, el contenido calorífico del océano, algunos fenómenos extremos, el ciclo del carbono, la química atmosférica y aerosoles, los efectos del ozono estratosférico y El Niño-Oscilación del Sur. Los modelos climáticos reproducen los patrones observados de la temperatura en superficie a escala continental y las tendencias de múltiples decenios, incluidos el calentamiento más rápido desde mediados del siglo XX y el enfriamiento inmediatamente posterior a las grandes erupciones volcánicas (*nivel de confianza muy alto*). La simulación de patrones de precipitación a gran escala ha mejorado en cierta medida desde el Cuarto Informe de Evaluación, si bien los modelos siguen dando resultados menos óptimos para la precipitación que para la temperatura en superficie. El *nivel de confianza* en la representación de procesos relativos a nubes y aerosoles sigue siendo *bajo*. {GTI RRP D.1, 7.2.3, 7.3.3, 7.6.2, 9.4, 9.5, 9.8, 10.3.1}

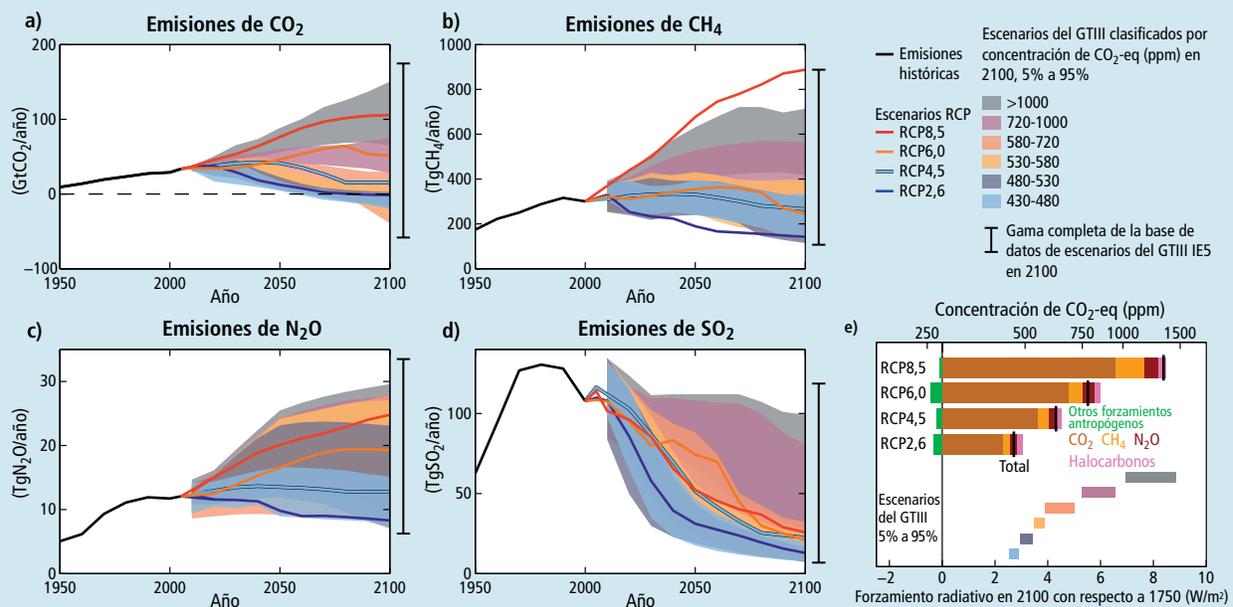
La capacidad para simular la dilatación térmica de los océanos, los glaciares y mantos de hielo y, por tanto, el nivel del mar ha mejorado desde el Cuarto Informe de Evaluación, pero sigue habiendo desafíos considerables para representar la dinámica de los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida. Esa mejora, junto con avances en la comprensión y capacidad científicas, ha contribuido a mejorar las proyecciones del nivel del mar en el presente informe, con respecto a las del Cuarto Informe de Evaluación. {GTI RRP E.6, 9.1.3, 9.2, 9.4.2, 9.6, 9.8, 13.1, 13.4, 13.5}

Hay una coherencia general entre las proyecciones de los modelos climáticos en los Informes de Evaluación cuarto y quinto para patrones de cambio a gran escala, y la magnitud de la incertidumbre no ha cambiado de forma considerable; no obstante, gracias a nuevos experimentos y estudios se ha logrado una caracterización más completa y rigurosa de la incertidumbre en las proyecciones a largo plazo. {GTI 12.4}

### Recuadro 2.2 | Las trayectorias de concentración representativas

Las trayectorias de concentración representativas (RCP) describen cuatro trayectorias distintas en el siglo XXI de las emisiones y las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI), las emisiones de contaminantes atmosféricos y el uso del suelo. Las trayectorias se han desarrollado mediante modelos integrados de evaluación como datos para una amplia gama de simulaciones de modelos climáticos con objeto de proyectar sus consecuencias para el sistema climático. A su vez, esas proyecciones climáticas se utilizan para la evaluación de los impactos y la adaptación. Las trayectorias se ajustan a los diversos escenarios en los estudios de mitigación evaluados por el Grupo de trabajo III<sup>28</sup>. Los escenarios se utilizan para evaluar los costos asociados con la reducción de emisiones conforme a trayectorias de concentración concretas. Las trayectorias representan el rango de emisiones de gases de efecto invernadero en la literatura general (recuadro 2.2, figura 1); incluyen un escenario de mitigación estricto (RCP2,6), dos escenarios intermedios (RCP4,5 y RCP6,0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP8,5). Los escenarios sin esfuerzos adicionales para limitar las emisiones ('escenarios de referencia') dan lugar a trayectorias que se sitúan entre RCP6,0 y RCP8,5. RCP2,6 representa un escenario que tiene por objeto que sea *probable* mantener el calentamiento global a menos de 2 °C por encima de las temperaturas preindustriales. La mayoría de los modelos indican que los escenarios con niveles de forzamiento similares a RCP2,6 se caracterizan por emisiones negativas netas sustanciales<sup>29</sup> para 2100, con un promedio de alrededor de 2 GtCO<sub>2</sub>/año. Los escenarios sobre uso del suelo de las trayectorias, de forma conjunta, muestran diversos futuros posibles, que van de una reforestación neta a una mayor deforestación, conforme a proyecciones en la literatura general de escenarios. Respecto a los contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los escenarios de las trayectorias presuponen una reducción continua de las emisiones como consecuencia de un hipotético control de la contaminación atmosférica y políticas de mitigación de los gases de efecto invernadero (recuadro 2.2, figura 1). Cabe señalar que esos escenarios futuros no tienen en cuenta posibles cambios en los forzamientos naturales (p. ej., erupciones volcánicas) (véase el recuadro 1.1). {GTI recuadro RRP.1, 6.4, 8.5.3, 12.3, anexo II, GTII 19, 21, GTIII 6.3.2, 6.3.6}

Las trayectorias de concentración representativas tienen una mayor cobertura que los escenarios del Informe especial sobre escenarios de emisiones (IE-EE) utilizados en evaluaciones anteriores, ya que también representan escenarios con políticas climáticas. En cuanto al forzamiento general, RCP8,5 puede compararse en términos generales con el escenario A2/A1FI del Informe especial, RCP6,0 con B2 y RCP4,5 con B1. Respecto a RCP2,6, no hay un escenario equivalente en el Informe especial. Por consiguiente, las diferencias en la magnitud de las proyecciones climáticas de los Informes de Evaluación cuarto y quinto se deben en gran medida a la inclusión de una gama más amplia de emisiones evaluadas. {GTI RT recuadro RT.6, 12.4.9}



**Recuadro 2.2, figura 1** | Escenarios de emisiones y los niveles resultantes de forzamiento radiativo para las trayectorias de concentración representativas (RCP, líneas) y las categorías de escenarios asociadas utilizadas en el Grupo de trabajo III (zonas en color, véase cuadro 3.1). Los gráficos a) a d) muestran las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). El gráfico e) muestra futuros niveles de forzamiento radiativo para las trayectorias RCP calculados con el modelo climático simple del ciclo del carbono, Modelo de evaluación del cambio climático causado por los gases de efecto invernadero (MAGICC), para las trayectorias RCP (por agente de forzamiento) y para las categorías de escenarios del Grupo de trabajo III (total) {GTI 8.2.2, 8.5.3, figura 8.2, anexo II, GTIII cuadro RRP.1, cuadro 6.3}. Las categorías de escenarios del Grupo de trabajo III resumen los diversos escenarios de emisiones presentados en las publicaciones científicas y se definen sobre la base de concentraciones totales de CO<sub>2</sub>-equivalente (en ppm) en 2100 (cuadro 3.1). Las líneas verticales a la derecha de los gráficos (gráficos a a d) indican la gama completa de la base de datos de escenarios del GTIII IE5.

<sup>28</sup> Se han clasificado unos 300 escenarios de referencia y 900 escenarios de mitigación por concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) para 2100. El CO<sub>2</sub>-eq incluye el forzamiento debido a todos los gases de efecto invernadero (incluidos los gases halogenados y el ozono troposférico), los aerosoles y el cambio del albedo (véase el glosario).

<sup>29</sup> Pueden lograrse emisiones negativas netas cuando se secuestran más gases de efecto invernadero de los que se liberan en la atmósfera (p. ej., utilizando la bioenergía en combinación con la captura y el almacenamiento de dióxido de carbono).

de evaluación integrados (véase el glosario). Los factores clave que impulsan cambios en las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero son el crecimiento económico y demográfico, cambios en el estilo de vida y el comportamiento, cambios conexos en el uso energético y el uso del suelo, la tecnología y la política climática, que tienen un carácter intrínsecamente incierto. {GTI 11.3, 12.4, GTIII 5, 6, 6.1}

El conjunto estándar de escenarios utilizados en el Quinto Informe de Evaluación recibe el nombre de trayectorias de concentración representativas (RCP, recuadro 2.2). {GTI recuadro RRP.1}

Los métodos utilizados para estimar futuros impactos y riesgos derivados del cambio climático se describen en el recuadro 2.3. Los impactos futuros modelizados que se evalúan en el presente informe se basan por lo general en proyecciones de modelos climáticos que utilizan las trayectorias de concentración representativas y, en algunos casos, el anterior Informe especial sobre escenarios de emisiones. {GTI recuadro RRP.1, GTII 1.1, 1.3, 2.2-2.3, 19.6, 20.2, 21.3, 21.5, 26.2, recuadro CC-CR}

**El riesgo de los impactos relacionados con el clima proviene de la interacción entre los peligros relacionados con el clima (incluidos fenómenos y tendencias peligrosos) y la vulnerabilidad y exposición de los sistemas humanos y naturales.** Las vías alternativas de desarrollo influyen en el riesgo modificando la probabilidad de fenómenos y tendencias climáticos, mediante sus efectos en los gases de efecto invernadero, los contaminantes y el uso del suelo, y alterando la vulnerabilidad y la exposición. {GTII RRP, 19.2.4, figura 19-1, recuadro 19-2}

**Los experimentos, las observaciones y los modelos utilizados para estimar impactos y riesgos futuros han mejorado desde el Cuarto Informe de Evaluación, y ha aumentado el conocimiento entre sectores y regiones.** Por ejemplo, la mejora de la base de conocimientos ha permitido ampliar la evaluación de riesgos para la

seguridad humana y los medios de subsistencia y para los océanos. Para algunos aspectos del cambio climático y los impactos del cambio climático, se ha reducido la incertidumbre sobre resultados futuros. Para otros, persiste la incertidumbre. Algunas de las incertidumbres persistentes se fundamentan en los mecanismos que controlan la magnitud y el ritmo del cambio climático. Otras surgen de interacciones potencialmente complejas entre el clima cambiante y la vulnerabilidad y exposición subyacentes de las personas, las sociedades y los ecosistemas. La combinación de una incertidumbre persistente en mecanismos clave y la perspectiva de interacciones complejas incita a centrar la atención en el riesgo en el presente informe. Dado que el riesgo conlleva probabilidad y consecuencias, es importante considerar todos los posibles resultados, incluidos los impactos con una baja probabilidad y con grandes consecuencias que son difíciles de simular. {GTII 2.1-2.4, 3.6, 4.3, 11.3, 12.6, 19.2, 19.6, 21.3-21.5, 22.4, 25.3-25.4, 25.11, 26.2}

## 2.2 Cambios proyectados en el sistema climático

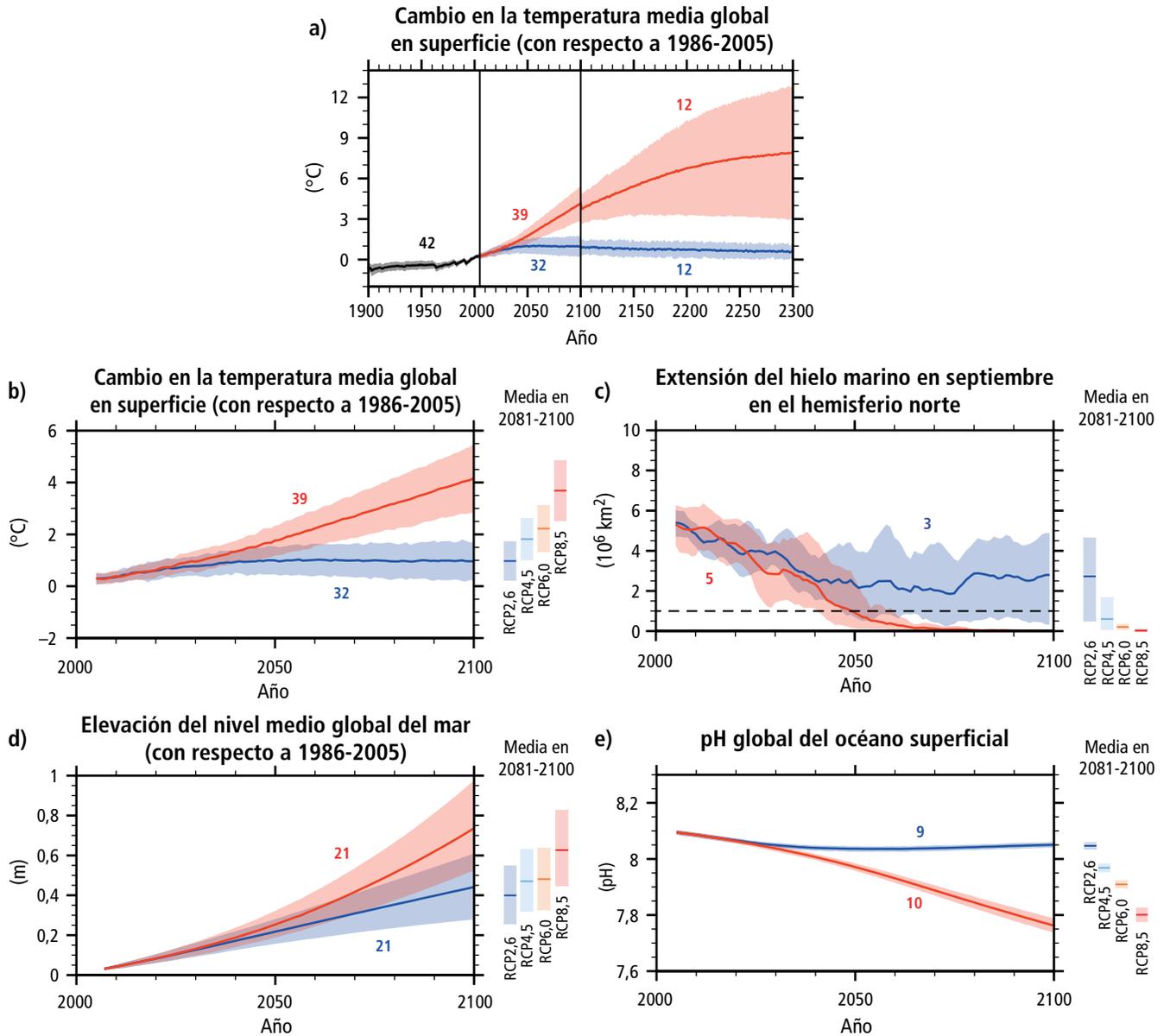
**En todos los escenarios de emisiones evaluados, las proyecciones señalan que la temperatura en superficie continuará aumentando a lo largo del siglo XXI. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y duren más, y que los episodios de precipitación extrema sean más intensos y frecuentes en muchas regiones. El océano se seguirá calentando y acidificando, y el nivel medio global del mar continuará elevándose.**

*Los cambios proyectados en la sección 2.2 corresponden a 2081-2100, frente a 1986-2005, a menos que se indique de otro modo.*

### Recuadro 2.3 | Modelos y métodos para estimar los riesgos, la vulnerabilidad y los impactos relacionados con el cambio climático

**Los riesgos, vulnerabilidades e impactos futuros relacionados con el cambio climático se estiman en el Quinto Informe de Evaluación por medio de experimentos, analogías y modelos, como en evaluaciones anteriores.** Los ‘experimentos’ consisten en cambiar deliberadamente uno o más factores del sistema climático que afecten a un ámbito de interés para reflejar condiciones futuras previstas, manteniendo constantes los demás factores que afectan a ese ámbito. Las ‘analogías’ aprovechan las variaciones existentes y se utilizan cuando no es posible realizar experimentos controlados debido a restricciones éticas, la extensión de la zona o el tiempo necesario, o la gran complejidad del sistema. Se utilizan dos tipos de analogías en las proyecciones del clima y los impactos. Las analogías espaciales identifican otra parte del mundo que atraviesa actualmente condiciones parecidas a las que se prevé que se produzcan en el futuro. Las analogías temporales utilizan cambios en el pasado, a veces deducidos de los datos paleoecológicos, para llegar a conclusiones sobre cambios en el futuro. Los ‘modelos’ suelen ser simulaciones numéricas de sistemas reales, calibradas y validadas mediante observaciones de experimentos o analogías, que se aplican introduciendo datos que representan el clima futuro. Los modelos también pueden incluir narraciones que describen posibles futuros, como las empleadas en la construcción de escenarios. Los modelos cuantitativos y descriptivos suelen utilizarse de forma conjunta. Se modelizan impactos para, entre otros ámbitos, los recursos hídricos, la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas en tierra, aguas continentales, océanos y masas de hielo, así como para la infraestructura urbana, la productividad agrícola, la salud, el crecimiento económico y la pobreza. {GTII 2.2.1, 2.4.2, 3.4.1, 4.2.2, 5.4.1, 6.5, 7.3.1, 11.3.6, 13.2.2}

**Los riesgos se evalúan sobre la base de la interacción de los cambios proyectados en el sistema Tierra con las múltiples dimensiones de vulnerabilidad en las sociedades y los ecosistemas.** Los datos rara vez son suficientes para poder hacer una estimación directa de probabilidades de un resultado concreto; por tanto, se utiliza la opinión de expertos basándose en criterios concretos (gran magnitud, nivel alto de probabilidad o irreversibilidad de los impactos; momento de los impactos; vulnerabilidad o exposición continuas que contribuyen a los riesgos; o potencial limitado para reducir riesgos mediante la adaptación o la mitigación) para integrar las diversas fuentes de información relativas a la gravedad de las consecuencias y la probabilidad de ocurrencia en una evaluación del riesgo, teniendo en cuenta la exposición y la vulnerabilidad en el contexto de peligros concretos. {GTII 11.3, 19.2, 21.1, 21.3-21.5, 25.3-25.4, 25.11, 26.2}



**Figura 2.1 | a)** Series temporales del cambio anual global en la temperatura media en superficie para el período 1900-2300 (con respecto a 1986-2005) de los experimentos determinados por la concentración de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5). Las proyecciones se muestran para la media multimodelos (líneas continuas) y la gama de 5% a 95% en la distribución de modelos individuales (sombreado). Las líneas y el sombreado grises representan las simulaciones históricas de la CMIP5. Las discontinuidades en 2100 se deben a cálculos basados en la ejecución de los modelos para fechas posteriores al siglo XXI cuyas cifras no tienen un sentido físico. **b)** Igual que a) pero para el período 2006-2100 (con respecto a 1986-2005). **c)** Cambio en la extensión del hielo marino en septiembre en el hemisferio norte (media móvil quinquenal). La línea discontinua representa condiciones en las que el océano está casi libre de hielo (es decir, cuando la extensión del hielo marino en septiembre es inferior a  $10^6$  km<sup>2</sup> durante al menos cinco años consecutivos). **d)** Cambio en el nivel medio global del mar. **e)** Cambio en el pH del océano superficial. Para todos los gráficos, las series temporales de las proyecciones y la medición de la incertidumbre (sombreado) se muestran en relación con los escenarios RCP2,6 (azul) y RCP8,5 (rojo). Se indica asimismo el número de modelos de la CMIP5 utilizados para calcular la media multimodelos. Las incertidumbres medias y asociadas, promediadas entre 2081 y 2100, figuran en todos los escenarios de RCP indicadas con barras verticales de colores en el margen derecho de los gráficos b) a e). Respecto a la extensión del hielo marino (c), la media y la incertidumbre de las proyecciones (rango de mínimo a máximo) solo se indican para el subconjunto de modelos que reproducen con mayor fidelidad el estado climatológico medio y la tendencia registrada entre 1979 y 2012 del hielo marino del Ártico. Respecto al nivel del mar (d), sobre la base del conocimiento actual (basado en observaciones, comprensión física y modelos), solo en caso de que se iniciara un colapso de sectores marinos del manto de hielo de la Antártida podría aumentar considerablemente el nivel medio global del mar por encima del rango probable durante el siglo XXI. No obstante, hay un nivel de confianza medio en cuanto a que, durante el siglo XXI, esa aportación adicional no representaría una elevación del nivel del mar superior a algunos decímetros. [GTI figura RRP.7, figura RRP.9, figura 12.5, 6.4.4, 12.4.1, 13.4.4, 13.5.1]

### 2.2.1 Temperatura del aire

La variación de la temperatura media global en superficie para el período 2016-2035 con respecto a 1986-2005 es similar para las

cuatro trayectorias de concentración representativas, y es probable que sea de entre 0,3 °C y 0,7 °C (nivel de confianza medio)<sup>30</sup>. El margen de variación no incluye grandes erupciones volcánicas ni cambios en algunas fuentes naturales (p. ej., metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso

<sup>30</sup> El período de 1986-2005 fue aproximadamente 0,61 [0,55 a 0,67] °C más cálido que el período de 1850-1900. [GTI RRP E, 2.4.3]

**Cuadro 2.1** | Proyección del cambio en la temperatura media global en superficie y la elevación del nivel medio global del mar para mediados y finales del siglo XXI, con respecto al período 1986-2005. {GTI cuadro RRP.2, 12.4.1, 13.5.1, cuadro 12.2, cuadro 13.5}

	Escenario	2046-2065		2081-2100	
		Media	Rango probable <sup>c</sup>	Media	Rango probable <sup>c</sup>
Cambio en la temperatura media global en superficie (en °C) <sup>a</sup>	RCP2,6	1,0	0,4 a 1,6	1,0	0,3 a 1,7
	RCP4,5	1,4	0,9 a 2,0	1,8	1,1 a 2,6
	RCP6,0	1,3	0,8 a 1,8	2,2	1,4 a 3,1
	RCP8,5	2,0	1,4 a 2,6	3,7	2,6 a 4,8
	Escenario	Media	Rango probable <sup>d</sup>	Media	Rango probable <sup>d</sup>
Elevación del nivel medio global del mar (en metros) <sup>b</sup>	RCP2,6	0,24	0,17 a 0,32	0,40	0,26 a 0,55
	RCP4,5	0,26	0,19 a 0,33	0,47	0,32 a 0,63
	RCP6,0	0,25	0,18 a 0,32	0,48	0,33 a 0,63
	RCP8,5	0,30	0,22 a 0,38	0,63	0,45 a 0,82

Notas:

<sup>a</sup> Basado en el ensamble de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5); los cambios se calculan con respecto al período 1986-2005. Mediante el empleo del conjunto 4 de datos reticulares de la temperatura en superficie del Centro Hadley/Unidad de investigación climática (HadCRUT4) y su estimación de la incertidumbre (intervalo de confianza de entre el 5% y el 95%), el calentamiento observado desde 1850-1900 al período de referencia de 1986-2005 es de 0,61 [0,55 a 0,67] °C. Los rangos *probables* no se han evaluado aquí con respecto a anteriores períodos de referencia, ya que generalmente en la literatura no se dispone de métodos para combinar las incertidumbres relativas a los modelos y a las observaciones. La adición de los cambios de las proyecciones y de las observaciones no explica los posibles efectos de las desviaciones de los modelos respecto de las observaciones, ni tampoco la variabilidad interna natural durante el período de referencia de las observaciones. {GTI 2.4.3, 11.2.2, 12.4.1, cuadro 12.2, cuadro 12.3}

<sup>b</sup> Basado en 21 modelos de la CMIP5; los cambios se calculan con respecto al período 1986-2005. Sobre la base del conocimiento actual (procedente de observaciones, comprensión física y modelos), solo en caso de que ocurriera un colapso de sectores marinos del manto de hielo de la Antártida, podría aumentar considerablemente el nivel medio global del mar por encima del rango *probable* durante el siglo XXI. Hay una *nivel de confianza medio* en cuanto a que esa aportación adicional no representaría una elevación del nivel del mar superior a algunos decímetros durante el siglo XXI.

<sup>c</sup> Calculado a partir de proyecciones como rangos de los modelos de 5%-95%. Posteriormente, se realiza la evaluación y se obtiene el rango *probable* tras tener en cuenta otras incertidumbres o distintos niveles de confianza de los modelos. Para las proyecciones del cambio de la temperatura media global en superficie en 2046-2065, el *nivel de confianza es medio*, porque la importancia relativa de la variabilidad interna natural y la incertidumbre en el forzamiento debido a gases que no tienen efecto invernadero y la respuesta son mayores que para el período 2081-2100. Los rangos *probables* para 2046-2065 no tienen en cuenta la posible influencia de factores que conducen al rango resultante de la evaluación para el cambio de la temperatura media global en superficie a corto plazo (2016-2035), que es menor que el rango de los modelos de 5%-95%, porque la influencia de esos factores en las proyecciones a un plazo mayor no se ha cuantificado en razón de conocimientos científicos insuficientes. {GTI 11.3.1}

<sup>d</sup> Calculado a partir de las proyecciones como rangos de los modelos de 5%-95%. Posteriormente, se realiza la evaluación y se obtiene el rango *probable* tras tener en cuenta otras incertidumbres o distintos niveles de confianza de los modelos. Para las proyecciones de la elevación del nivel medio global del mar, el *nivel de confianza es medio* para ambos horizontes temporales.

(N<sub>2</sub>O)), ni cambios imprevistos en la irradiación solar total. El clima futuro dependerá del calentamiento asegurado a raíz de emisiones antropógenas en el pasado, así como de emisiones antropógenas futuras y la variabilidad climática natural. Para mediados del siglo XXI, la magnitud del cambio climático proyectado se ve afectada de modo sustancial por la elección de escenarios de emisiones. El cambio climático sigue divergiendo entre los escenarios hasta 2100 y posteriormente (cuadro 2.1, figura 2.1). Los márgenes de variación presentados para trayectorias de concentración representativas concretas (cuadro 2.1), y los presentados en la sección 2.2, se deben principalmente a diferencias en la sensibilidad de los modelos climáticos al forzamiento impuesto. {GTI RRP E.1, 11.3.2, 12.4.1}

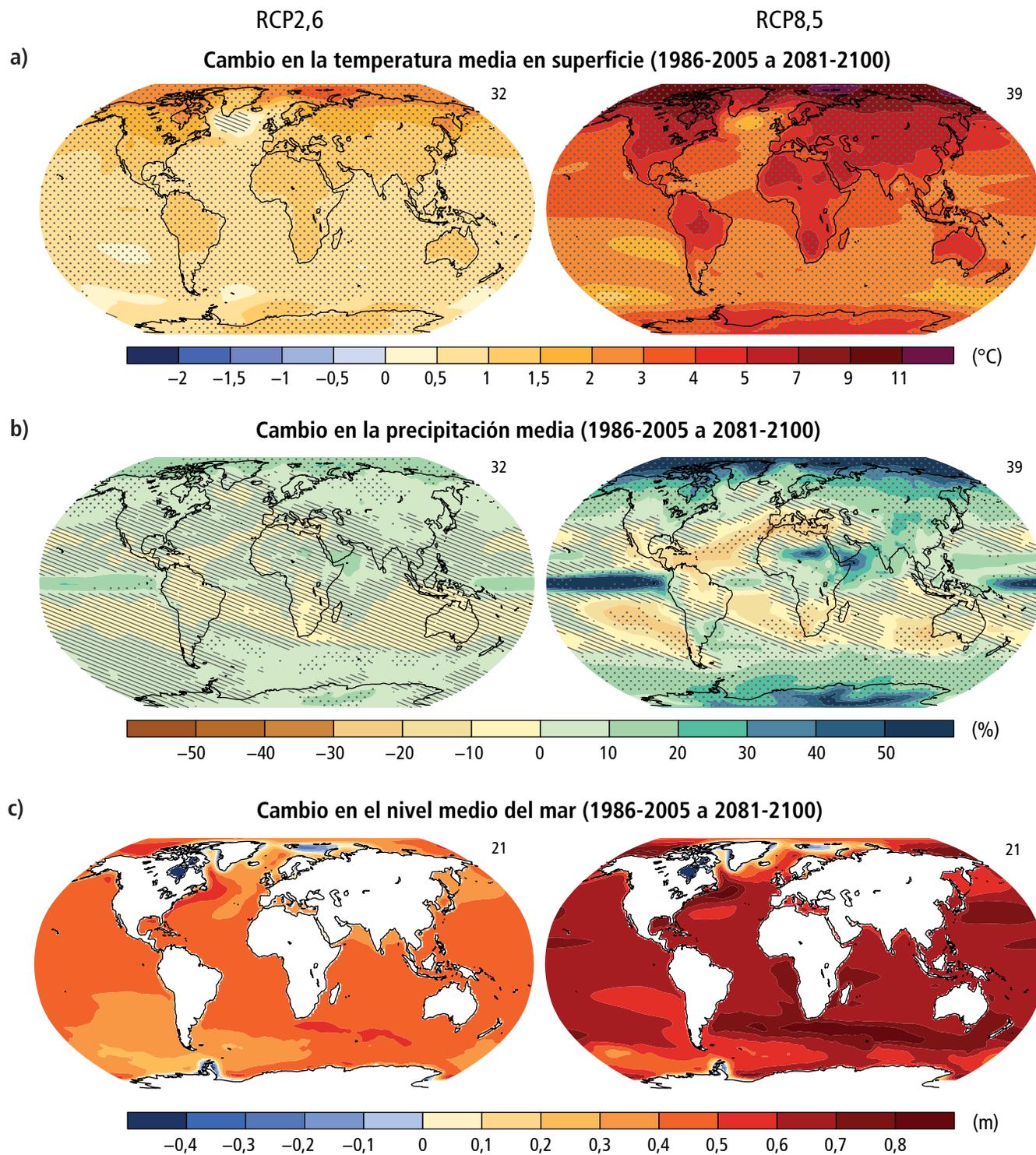
Frente a 1850-1900, las proyecciones apuntan a que es *probable* que, para el final del siglo XXI (2081-2100), la temperatura global en superficie sea superior a 1,5 °C para los escenarios RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5 (*nivel de confianza alto*). Es *probable* que dicha temperatura sea superior en 2 °C para los escenarios RCP6,0 y RCP8,5 (*nivel de confianza alto*), *más probable* que *improbable* que sea superior en 2 °C para el escenario RCP4,5 (*nivel de confianza medio*), pero es *improbable* que sea superior en 2 °C para el escenario RCP2,6 (*nivel de confianza medio*). {GTI RRP E.1, 12.4.1, cuadro 12.3}

La región del Ártico seguirá calentándose más rápidamente que la media global (figura 2.2) (*nivel de confianza muy alto*). El calentamiento medio en las zonas continentales afectará a una mayor extensión que sobre los océanos (*nivel de confianza muy alto*) y será mayor que el calentamiento medio global (figura 2.2). {GTI RRP E.1, 11.3.2, 12.4.3, 14.8.2}

**Es prácticamente seguro que se produzcan temperaturas extremas calientes más frecuentes y frías menos frecuentes en la mayoría de las zonas continentales, en escalas temporales diarias y estacionales, conforme vaya aumentando la temperatura media global en superficie.** Es *muy probable* que haya olas de calor con mayor frecuencia y más duraderas. Continuarán produciéndose temperaturas frías extremas en invierno de forma ocasional. {GTI RRP E.1, 12.4.3}

## 2.2.2 El ciclo del agua

Los cambios en las precipitaciones en un mundo que se calienta no serán uniformes. Es *probable* que, para el final de este siglo, en las latitudes altas y en el océano Pacífico ecuatorial se experimente un aumento en la precipitación media anual en el marco del escenario RCP8,5. Es *probable* que, en el marco del escenario RCP8,5, la precipitación media disminuya en muchas regiones secas de latitud media y subtropicales, mientras que es *probable* que en muchas regiones



**Figura 2.2** | Proyecciones medias multimodelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) (es decir, el promedio de las proyecciones de modelos disponibles) para el período 2081-2100 según los escenarios RCP2,6 (izquierda) y RCP8,5 (derecha) para **a)** cambio en la temperatura media anual en superficie, **b)** cambio en la precipitación media anual, en porcentajes, y **c)** cambio en el nivel medio del mar. Los cambios se muestran en relación con el período 1986-2005. En la esquina superior derecha de cada mapa se indica el número de modelos de la CMIP5 utilizados para calcular la media multimodelos. Las tramas punteadas en a) y b) indican las regiones donde el cambio proyectado es grande con respecto a la variabilidad interna natural (es decir, superior a dos desviaciones típicas de variabilidad interna en promedios de 20 años) y donde el 90% de los modelos concuerdan con el signo del cambio. Las tramas sombreadas (líneas diagonales) en a) y b) muestran las regiones donde el cambio proyectado es inferior a una desviación típica de la variabilidad interna natural en promedios de 20 años. [GTI figura RRP.8, figura 13.20, recuadro 12.1]

húmedas de latitud media la precipitación media aumente (figura 2.2).  
 [GTI RRP E.2, 7.6.2, 12.4.5, 14.3.1, 14.3.5]

Es  *muy probable*  que sean más intensos y más frecuentes los episodios de precipitación extrema en la mayoría de las masas terrestres de latitud media y en las regiones tropicales húmedas a medida que vaya aumentando la temperatura media global en superficie. [GTI RRP E.2, 7.6.2, 12.4.5]

A nivel mundial, en todas las trayectorias de concentración representativas, es *probable* que aumente la extensión abarcada por los sistemas monzónicos, es *probable* que se intensifique la precipitación monzónica, y es *probable* que se intensifique la variabilidad de las precipitaciones relacionadas con El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) a escalas regionales. {GTI RRP E.2, 14.2, 14.4}

### 2.2.3 El océano, la criosfera y el nivel del mar

**Los océanos mundiales seguirán calentándose durante el siglo XXI.** Las proyecciones indican que el calentamiento oceánico más acusado se producirá en la superficie en las regiones tropicales y en las subtropicales del hemisferio norte. El calentamiento más pronunciado a mayor profundidad se producirá en el océano Austral (*nivel de confianza alto*). {GTI RRP E.4, 6.4.5, 12.4.7}

**Es muy probable que la circulación meridional de retorno del Atlántico se debilite durante el siglo XXI;** las mejores estimaciones y rangos de modelos para la reducción son del 11% (1% a 24%) en el escenario RCP2,6 y del 34% (12% a 54%) en el RCP8,5. No obstante, es *muy improbable* que la circulación meridional de retorno del Atlántico sufra una transición abrupta o un colapso en el siglo XXI. {GTI RRP E.4, 12.4.7.2}

**Las proyecciones apuntan a reducciones del hielo marino del Ártico durante todo el año para todos los escenarios de las trayectorias de concentración representativas.** Según las proyecciones del subconjunto de modelos que reproducen con mayor rigor las observaciones<sup>31</sup>, respecto a RCP8,5, es *probable* que antes de mediados de siglo el océano Ártico esté casi libre de hielo<sup>32</sup> en septiembre (*nivel de confianza medio*) (figura 2.1). En el Antártico, las proyecciones señalan, con un *nivel de confianza bajo*, una disminución de la extensión y el volumen del hielo marino. {GTI RRP E.5, 12.4.6.1}

Es *probable* que, para el final del siglo XXI, la extensión del manto de nieve en primavera en el hemisferio norte haya disminuido en un 7% en el caso del escenario RCP2,6 y en un 25% en el caso del escenario RCP8,5 para el promedio multimodelos (*nivel de confianza medio*). {GTI RRP E.5, 12.4.6}

**Es prácticamente seguro que en latitudes muy septentrionales disminuya la extensión del permafrost cerca de la superficie, conforme aumente la temperatura media global en superficie.** Es *probable* que la extensión del permafrost cerca de la superficie (por encima de 3,5 m) disminuya entre un 37% (RCP2,6) y un 81% (RCP8,5) para el promedio multimodelos (*nivel de confianza medio*). {GTI RRP E.5, 12.4.6}

Las proyecciones apuntan a que el volumen global de los glaciares, excluidos los glaciares de la periferia de la Antártida (y excluidos también los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida), habrá disminuido entre el 15% y el 55% en el caso del escenario RCP2,6 y entre el 35% y el 85% en el caso del escenario RCP8,5 (*nivel de confianza medio*). {GTI RRP E.5, 13.4.2, 13.5.1}

**El nivel medio global del mar seguirá aumentando durante el siglo XXI (cuadro 2.1, figura 2.1).** Desde el Cuarto Informe de Eva-

luación, la comprensión y la proyección del cambio en el nivel del mar han mejorado de forma considerable. En todos los escenarios de trayectorias de concentración representativas (RCP), es *muy probable* que la tasa de elevación del nivel del mar sea mayor que la tasa observada de 2,0 [1,7-2,3] mm/año durante 1971-2010, con una tasa de elevación en el caso del escenario RCP8,5 durante 2081-2100 de 8 a 16 mm/año (*nivel de confianza medio*). {GTI RRP B4, RRP E.6, 13.5.1}

**La elevación del nivel del mar no será uniforme entre las distintas regiones.** Es *muy probable* que para fines del siglo XXI el nivel del mar haya aumentado en aproximadamente más del 95% de las zonas ocupadas por los océanos. La elevación del nivel del mar depende de la trayectoria de las emisiones de CO<sub>2</sub>, no solo del total acumulado; para un mismo total acumulado, una pronta reducción de las emisiones mitigaría en mayor medida la elevación del nivel del mar. Las proyecciones señalan que alrededor del 70% de las costas de todo el mundo experimentarán un cambio de nivel del mar de hasta un  $\pm 20\%$  del valor medio mundial (figura 2.2). Es *muy probable* que para 2100 se hayan producido aumentos significativos en los futuros valores extremos del nivel del mar en algunas regiones. {GTI RRP E.6, RT.5.7.1, 12.4.1, 13.4.1, 13.5.1, 13.6.5, 13.7.2, cuadro 13.5}

### 2.2.4 El ciclo del carbono y la biogeoquímica

**Según los cuatro escenarios de trayectorias de concentración representativas (RCP), la incorporación de CO<sub>2</sub> antropógeno en los océanos continuará hasta 2100, conforme a la pauta de mayor incorporación a mayor trayectoria de concentración (nivel de confianza muy alto).** El grado de certeza, respecto de la evolución que seguirá en el futuro la incorporación de carbono en la tierra, es menor. La mayoría de las proyecciones de los modelos señalan una incorporación continua de carbono en la tierra en todos los escenarios RCP, pero hay modelos que simulan una pérdida de carbono en la tierra debida al efecto combinado del cambio climático y el cambio de uso del suelo. {GTI RRP E.7, 6.4.2, 6.4.3}

**Sobre la base de los modelos del sistema Tierra, hay un nivel de confianza alto en cuanto a que la retroalimentación entre el cambio climático y el ciclo del carbono incrementará el calentamiento global.** El cambio climático compensará parcialmente los aumentos en los sumideros de carbono terrestres y oceánicos provocados por el aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera, con lo que quedará retenido en ella una mayor proporción del CO<sub>2</sub> antropógeno emitido, lo que contribuirá al calentamiento. {GTI RRP E.7, 6.4.2, 6.4.3}

**Las proyecciones de los modelos del sistema Tierra apuntan a una mayor acidificación global de los océanos para todos los escenarios de RCP para finales del siglo XXI, con una recuperación lenta después de mediados de siglo para el escenario RCP2,6.** La disminución del pH en el océano superficial se sitúa en el rango de 0,06 a 0,07 (aumento de la acidez del 15% al 17%) para RCP2,6; de 0,14 a 0,15 (del 38% al 41%) para RCP4,5; de 0,20 a 0,21 (del 58% al 62%) para RCP6,0; y de 0,30 a 0,32 (del 100% al 109%) para RCP8,5 (figura 2.1). {GTI RRP E.7, 6.4.4}

<sup>31</sup> Situación climatológica media y tendencia de 1979 a 2012 en la extensión del hielo marino del Ártico.

<sup>32</sup> Cuando la extensión del hielo marino es inferior a un millón de km<sup>2</sup> durante como mínimo cinco años consecutivos.

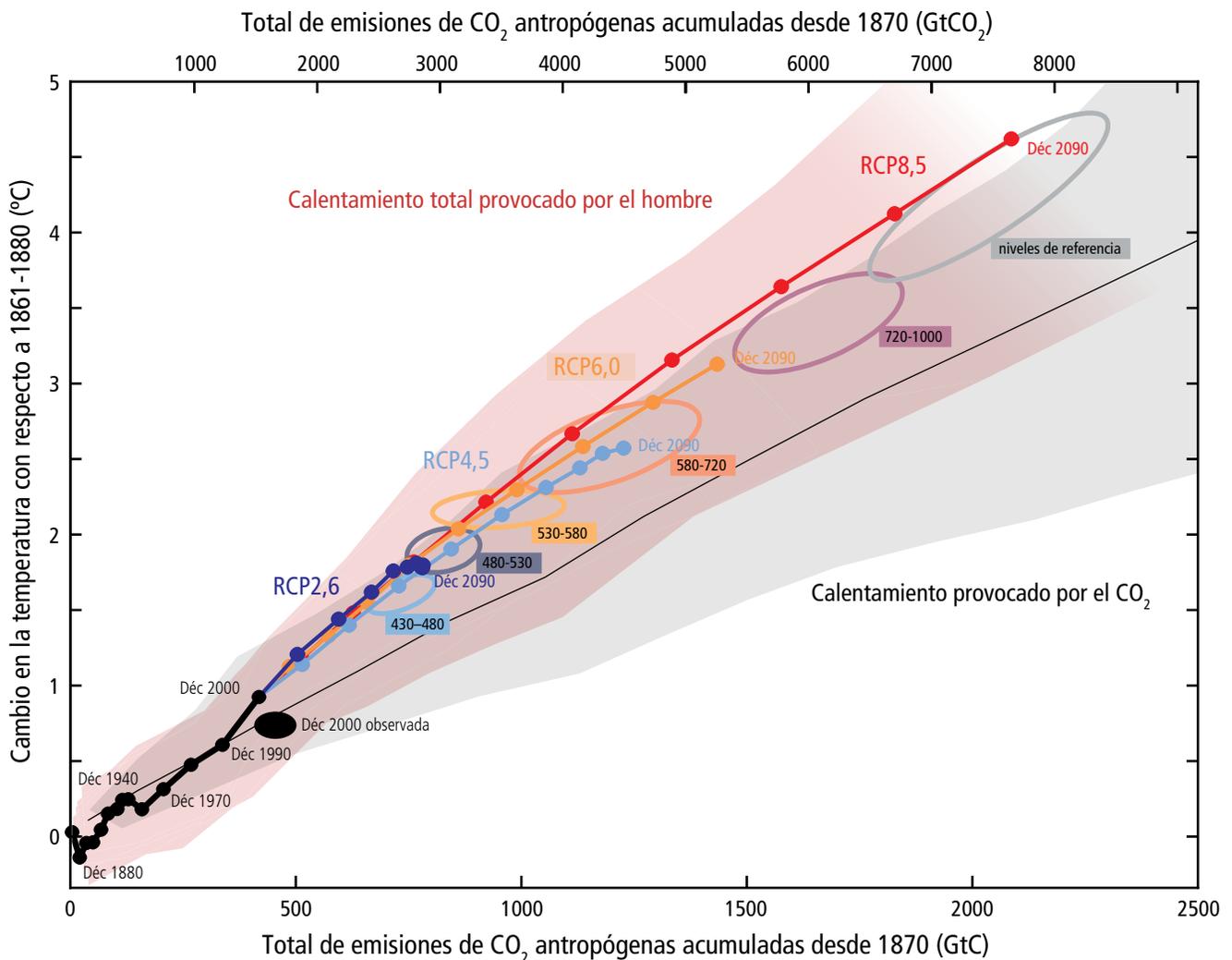
Es muy probable que el contenido de oxígeno disuelto en el océano disminuya algunos puntos porcentuales durante el siglo XXI en respuesta al calentamiento superficial, predominantemente a nivel subsuperficial en latitudes medias de los océanos. No existe consenso sobre el volumen futuro de aguas en mar abierto con bajos niveles de oxígeno debido a las grandes incertidumbres sobre los potenciales efectos biogeoquímicos y la evolución de las dinámicas de los océanos tropicales. {GTI RT.5.6, 6.4.5, GTII RT B-2, 6.1}

### 2.2.5 Respuestas del sistema climático

Las propiedades del sistema climático que determinan la respuesta al forzamiento externo se han estimado a partir de modelos climáticos y análisis del cambio climático en el pasado y reciente. Es probable que exista sensibilidad climática en equilibrio<sup>33</sup> en el rango de 1,5 °C a 4,5 °C, suma-

mente improbable por debajo de 1 °C, y muy improbable por encima de 6 °C. {GTI RRP D.2, RT ETE.6, 10.8.1, 10.8.2, 12.5.4, recuadro 12.2}

Las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente. Múltiples líneas de evidencia apuntan a una relación casi lineal sólida y continua, en los distintos escenarios examinados, entre las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas netas (incluido el impacto de la remoción de CO<sub>2</sub>) y la proyección del cambio en la temperatura global hasta el año 2100 (figura 2.3). Las emisiones en el pasado y el calentamiento observado apoyan esta relación con distinto nivel de incertidumbre. Cualquier nivel dado de calentamiento está asociado a un rango de emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas (en función de los impulsores distintos al CO<sub>2</sub>), y por lo tanto, a modo de ejemplo, mayores emisiones en decenios pasados implican menores emisiones posteriormente. {GTI RRP E.8, RT ETE.8, 12.5.4}



**Figura 2.3 |** Aumento de la temperatura media global en superficie, como función del total de las emisiones globales acumuladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de diversas líneas de evidencia. Se muestran los resultados multimodelos obtenidos de modelos clima-ciclo del carbono, de acuerdo con un orden jerárquico, para cada trayectoria de concentración representativa (RCP) hasta 2100 (líneas de colores). Los resultados de los modelos para el período histórico (1860 a 2010) se indican en negro. El penacho de color muestra la dispersión multimodelos en los cuatro escenarios de RCP y va diluyéndose con los números decrecientes de los modelos disponibles en el escenario RCP8,5. Los puntos muestran los promedios decenales y se identifican algunas décadas. Las elipses muestran el calentamiento antropógeno total en 2100 frente a las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> de 1870 a 2100 a partir de un modelo climático simple (promedio de la respuesta climática) para las categorías de escenarios utilizadas en el Grupo de trabajo III. Los valores de temperatura siempre se dan con respecto al período 1861-1880, y las emisiones son acumulativas desde 1870. La elipse negra muestra las emisiones observadas hasta 2005 y las temperaturas observadas en la década de 2000-2009 con las incertidumbres conexas. {GTI RRP E.8, RT ETE.8, figura 1, RT.SM.10, 12.5.4, figura 12.45, GTIII cuadro RRP.1, cuadro 6.3}

<sup>33</sup> Se define como el calentamiento medio global en superficie en condiciones de equilibrio a raíz de una duplicación de la concentración de CO<sub>2</sub> (respecto de la era preindustrial).

Es *probable* que el cambio en la temperatura máxima media global en superficie por billón de toneladas de carbono (1 000 GtC) emitidas como CO<sub>2</sub> se sitúe en el rango de 0,8 °C a 2,5 °C. Esa magnitud, denominada respuesta climática transitoria a las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas, se ve sustentada por los modelos y la evidencia de las observaciones y es aplicable a emisiones acumuladas de hasta unas 2 000 GtC. {GTI RRP D.2, RT ETE.6, 12.5.4, recuadro 12.2}

El calentamiento provocado por las emisiones de CO<sub>2</sub> es efectivamente irreversible a lo largo de escalas temporales de varios siglos, a menos que se adopten medidas para eliminar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Para que siga siendo *probable* que el calentamiento inducido por el CO<sub>2</sub> sea inferior a 2 °C, es preciso que las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> procedentes de las diversas fuentes antropógenas se mantengan por debajo de unas 3 650 GtCO<sub>2</sub> (1 000 GtC), la mitad de las cuales ya se habían emitido hasta el año 2011. {GTI RRP E.8, RT ETE.8, 12.5.2, 12.5.3, 12.5.4}

Los resultados multimodelos muestran que, para limitar el calentamiento total provocado por el hombre (con respecto a la influencia del CO<sub>2</sub> y otras influencias humanas en el clima) a menos de 2 °C respecto del período 1861-1880 con una probabilidad de >66%, sería necesario limitar las emisiones totales de CO<sub>2</sub> procedentes de las diversas fuentes antropógenas desde 1870 a unas 2 900 GtCO<sub>2</sub> al tener en cuenta el forzamiento distinto del CO<sub>2</sub> como en el caso del escenario RCP2,6, con un rango de 2 550 a 3 150 GtCO<sub>2</sub> a raíz de variaciones en impulsores climáticos distintos del CO<sub>2</sub> en los diversos escenarios examinados por el Grupo de trabajo III (cuadro 2.2). Hasta 2011 se habían emitido unas 1 900 [1 650 a 2 150] GtCO<sub>2</sub>, por lo que quedarían unas 1 000 GtCO<sub>2</sub> conforme a ese objetivo de temperatura. Las reservas estimadas totales de depósitos de carbono fósil superan la cantidad restante con un factor de 4 a 7, habiendo recursos aún mayores. {GTI RRP E.8, RT ETE.8, figura 1, RT.SM.10, 12.5.4, figura 12.45, GTIII cuadro RRP.1, cuadro 6.3, cuadro 7.2}

**Cuadro 2.2** | Emisión acumulada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) limitando el calentamiento dentro de los límites establecidos para la temperatura a distintos niveles de probabilidad, sobre la base de distintas líneas de evidencia. {GTI 12.5.4, GTIII 6}

Emisiones acumuladas de CO <sub>2</sub> desde 1870 en GtCO <sub>2</sub>									
Calentamiento antropógeno neto <sup>a</sup>	<1.5°C			<2°C			<3°C		
	66%	50%	33%	66%	50%	33%	66%	50%	33%
Fracción de simulaciones que logran el objetivo <sup>b</sup>	66%	50%	33%	66%	50%	33%	66%	50%	33%
Modelos complejos, solo escenarios RCP <sup>c</sup>	2250	2250	2550	2900	3000	3300	4200	4500	4850
Modelo simple, escenarios GTIII <sup>d</sup>	Sin datos	2300 a 2350	2400 a 2950	2550 a 3150	2900 a 3200	2950 a 3800	Sin datos <sup>e</sup>	4150 a 5750	5250 a 6000
Emisiones acumuladas de CO <sub>2</sub> desde 2011 en GtCO <sub>2</sub>									
Modelos complejos, solo escenarios RCP <sup>c</sup>	400	550	850	1000	1300	1500	2400	2800	3250
Modelo simple, escenarios GTIII <sup>d</sup>	Sin datos	550 a 600	600 a 1150	750 a 1400	1150 a 1400	1150 a 2050	Sin datos <sup>e</sup>	2350 a 4000	3500 a 4250
<b>Total de carbono fósil disponible en 2011<sup>f</sup>: 3670 a 7100 GtCO<sub>2</sub> (reservas) y 31 300 a 50 050 GtCO<sub>2</sub> (recursos)</b>									

Notas:

<sup>a</sup> Calentamiento debido al CO<sub>2</sub> y a impulsores distintos del CO<sub>2</sub>. Los valores de temperatura se dan con respecto al período de referencia de 1861-1880.

<sup>b</sup> Obsérvese que el rango de 66% en este cuadro no debe equipararse a las declaraciones de probabilidad que figuran en el cuadro RRP.1 y el cuadro 3.1 y en GTIII cuadro RRP.1. La evaluación en estos últimos cuadros no solo se basa en las probabilidades calculadas para el conjunto de escenarios en el Grupo de trabajo III mediante un único modelo climático, sino también en la evaluación del Grupo de trabajo I de la incertidumbre de las proyecciones de temperatura no abarcadas por los modelos climáticos.

<sup>c</sup> Emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> en el momento en que se supera el umbral de temperatura que son necesarias para el 66%, 50% o 33% de las simulaciones de los modelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5), del complejo Modelo del sistema Tierra y de los Modelos del sistema Tierra de complejidad intermedia, suponiendo que el forzamiento distinto del CO<sub>2</sub> se ajuste al escenario RCP8,5. Otros escenarios RCP presuponen emisiones acumuladas parecidas. Para la mayoría de las combinaciones de escenario y umbral, las emisiones y el calentamiento continúan después de haber superado el umbral. No obstante, debido a la naturaleza acumulativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>, esas cifras sirven de indicación de las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> que se presuponen en las simulaciones de modelos de la CMIP5 en escenarios parecidos a las RCP. Los valores se redondean al 50 más cercano.

<sup>d</sup> Emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> en el momento de calentamiento máximo conforme a escenarios del Grupo de trabajo III para los que una fracción superior a 66% (66% a 100%), superior a 50% (50% a 66%) o superior a 33% (33% a 50%) de las simulaciones climáticas mantiene el aumento de la temperatura media global por debajo del umbral fijado. Los rangos indican la variación de las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> a raíz de diferencias en impulsores distintos del CO<sub>2</sub> en los diversos escenarios del Grupo de trabajo III. La fracción de simulaciones climáticas para cada escenario se obtiene mediante un ensamble de parámetros de 600 miembros de un modelo climático simple del ciclo del carbono, Modelo de evaluación del cambio climático causado por los gases de efecto invernadero (MAGICC), de modo probabilístico. La incertidumbre relativa a parámetros y escenarios se examina en este ensamble. Las incertidumbres estructurales no pueden examinarse con un solo modelo. Los rangos muestran el efecto de la incertidumbre de los escenarios; el 80% de estos dan emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> dentro del rango fijado para la fracción concreta de las simulaciones. Las estimaciones de modelos simples se ven limitadas por los cambios observados en el último siglo, no tienen en cuenta la incertidumbre en la estructura de los modelos y tal vez omitan algunos procesos de retroalimentación; por tanto, son ligeramente superiores a las estimaciones de modelos complejos de la CMIP5. Los valores se redondean al 50 más cercano.

<sup>e</sup> Los resultados numéricos correspondientes a las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> para mantenerse por debajo de 3 °C con un porcentaje superior al 66% (66% al 100%) se ven influidos enormemente por un gran número de escenarios que también lograrían el objetivo de 2 °C y, por tanto, no son comparables con números facilitados para el otro umbral de temperatura.

<sup>f</sup> Las reservas se refieren a cantidades que pueden recuperarse en las condiciones económicas y operativas existentes; por recursos se entienden aquellos en que la extracción económica puede ser factible. {GTIII cuadro 7.2}

## 2.3 Futuros riesgos e impactos provocados por un clima cambiante

El cambio climático agravará los riesgos existentes y creará nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos. 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. Las crecientes magnitudes del calentamiento hacen que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas, las especies y los ecosistemas. Unas emisiones elevadas continuas conllevarían impactos en su mayoría negativos para la biodiversidad, los servicios de los ecosistemas y el desarrollo económico y agravarían los riesgos para los medios de subsistencia y para la seguridad alimentaria y humana.

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, incluida su capacidad para adaptarse. El aumento del ritmo y la magnitud del calentamiento y otros cambios en el sistema climático, junto con la acidificación del océano, aumentan el riesgo de efectos perjudiciales graves, generalizados y, en algunos casos, irreversibles. El cambio climático futuro agravará los riesgos existentes relacionados con el clima y creará nuevos riesgos. {GTII RRP B, figura RRP.1}

Los riesgos clave son impactos potencialmente graves relativos a la comprensión de la interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático. Los riesgos se consideran de importancia clave debido a una peligrosidad alta o a una vulnerabilidad alta de las sociedades y los sistemas expuestos, o a ambas. Su identificación se basa en la gran magnitud o alta probabilidad de los impactos; la irreversibilidad o el momento de los impactos; la vulnerabilidad o exposición persistentes; o posibilidades limitadas para reducir los riesgos. Algunos riesgos son especialmente relevantes para regiones concretas (figura 2.4), mientras que otros son de carácter global (cuadro 2.3). Para la evaluación del riesgo es importante evaluar la gama más amplia posible de impactos, incluidos los resultados de baja probabilidad con grandes consecuencias. Los niveles de riesgo suelen aumentar con la temperatura (recuadro 2.4) y a veces tienen un vínculo más directo con otras dimensiones del cambio climático, como el ritmo de calentamiento, así como la magnitud y el ritmo de acidificación del océano y elevación del nivel del mar (figura 2.5). {GTII RRP A-3, RRP B-1}

Entre los riesgos clave que abarcan distintos sectores y regiones figuran los siguientes (*nivel de confianza alto*) {GTII RRP B-1}:

1. Riesgo de enfermedad grave y alteración de los medios de subsistencia debido a mareas meteorológicas, la elevación del nivel del mar y las inundaciones costeras; inundaciones continentales en algunas regiones urbanas; y períodos de calor extremo.

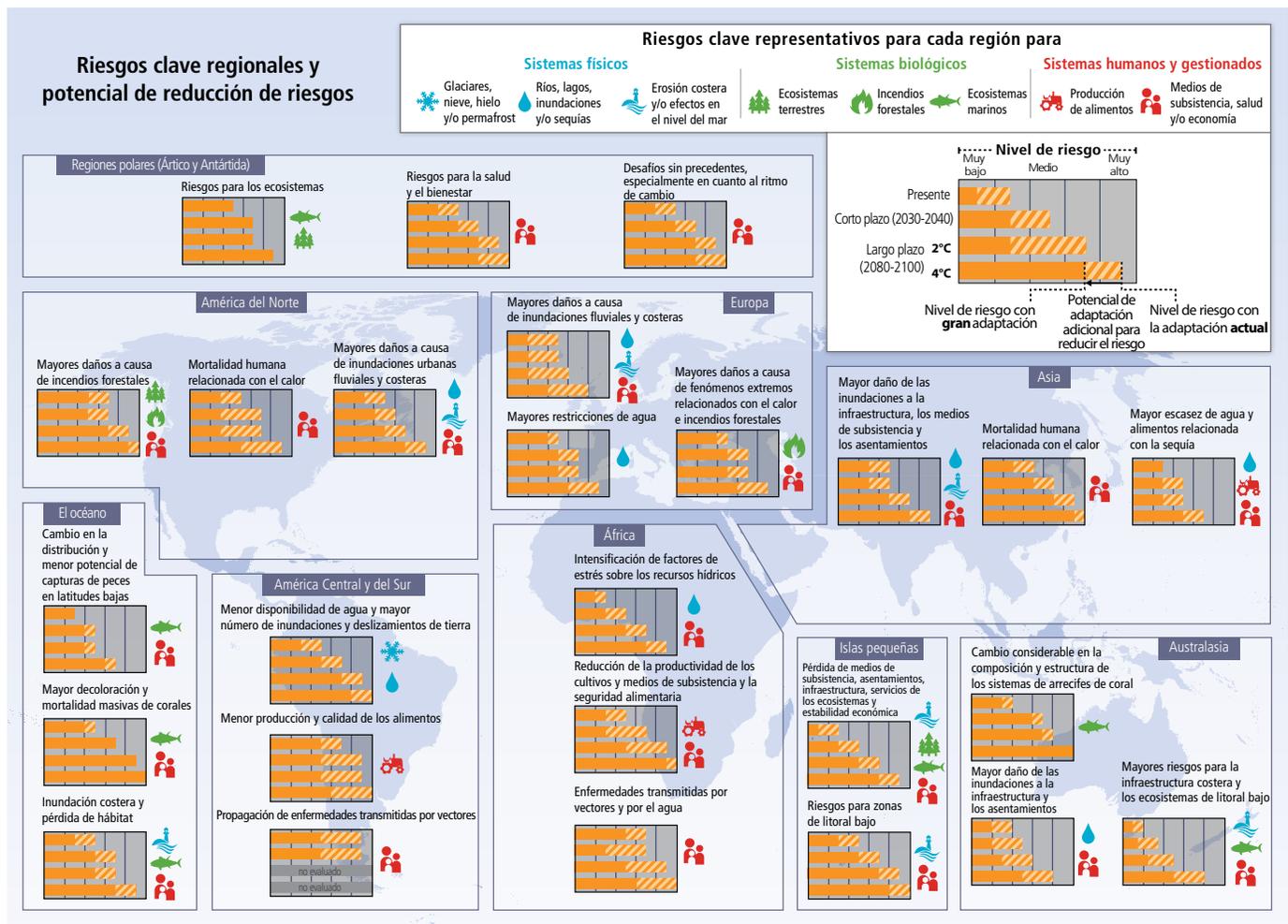
2. Riesgos sistémicos debido a episodios meteorológicos extremos que provocan el colapso de redes de infraestructuras y servicios esenciales.
3. Riesgo de inseguridad alimentaria e hídrica y pérdida de medios de subsistencia e ingresos en las zonas rurales, en particular para las poblaciones pobres.
4. Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad, y de bienes, funciones y servicios de los ecosistemas.

Los riesgos generales de los impactos del cambio climático en el futuro pueden reducirse limitando el ritmo y la magnitud del cambio climático, incluida la acidificación del océano. Algunos riesgos son considerables incluso en el caso de un aumento medio global de la temperatura de 1 °C por encima de los niveles preindustriales. Muchos de los niveles de riesgo globales son altos o muy altos para aumentos globales de la temperatura de 4 °C o un valor superior (véase el recuadro 2.4). Esos riesgos incluyen impactos graves y generalizados en sistemas únicos y amenazados, la extinción de muchas especies, riesgos importantes para la seguridad alimentaria y riesgos para las actividades humanas normales, incluidos el cultivo de alimentos o el trabajo al aire libre en algunas zonas durante parte del año, debido a la combinación de altas temperaturas y humedad (*nivel de confianza alto*). Los niveles precisos de cambio climático suficientes para desencadenar un cambio abrupto e irreversible siguen siendo inciertos, pero el riesgo asociado a traspasar esos umbrales en el sistema Tierra o en los sistemas humanos y naturales interconectados aumenta a mayor temperatura (*nivel de confianza medio*). {GTII RRP B-1}

La adaptación puede reducir sustancialmente los riesgos de los impactos del cambio climático, pero cuanto mayor sea el ritmo y la magnitud del cambio climático, mayor es la probabilidad de sobrepasar los límites de la adaptación (*nivel de confianza alto*). El potencial de adaptación, así como las restricciones y limitaciones relativas a la adaptación, varían entre sectores, regiones, comunidades y ecosistemas. El alcance de la adaptación cambia con el tiempo y está estrechamente vinculado a las circunstancias y trayectorias de desarrollo socioeconómico. Véanse la figura 2.4 y el cuadro 2.3, junto con los temas 3 y 4. {GTII RRP B, RRP C, RT B, RT C}

### 2.3.1 Los ecosistemas y sus servicios en los océanos, a lo largo de las costas, en tierra y en agua dulce

Los riesgos de los impactos perjudiciales para los ecosistemas y los sistemas humanos aumentan con la tasa y la magnitud del calentamiento, la acidificación del océano, la elevación del nivel del mar y otras dimensiones del cambio climático (*nivel de confianza alto*). El riesgo futuro se señala como alto por la observación de que el cambio climático global natural a un ritmo inferior al actual cambio climático antropógeno provocó cambios considerables en los ecosistemas y la extinción de especies durante los últimos millones de años en tierra y en los océanos (*nivel de confianza alto*). Muchas especies vegetales y animales no serán capaces de adaptarse a nivel local o de desplazarse lo suficientemente rápido durante el siglo XXI para encontrar climas adecuados en caso de tasas de cambio climático



**Figura 2.4** | Riesgos clave representativos para cada región, incluido el potencial de reducción del riesgo mediante la adaptación y la mitigación, así como los límites de la adaptación. 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 persistentes que contribuyen a los riesgos; o potencial limitado para reducir los riesgos mediante la adaptación o mitigación. Los niveles de riesgo se consideran muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto para tres marcos temporales: el presente, el corto plazo (en este caso, para 2030-2040) y el largo plazo (en este caso, para 2080-2100). A corto plazo, los niveles proyectados de aumento de la temperatura media global no difieren sustancialmente para los distintos escenarios de emisiones. A largo plazo, los niveles de riesgo se presentan respecto de dos escenarios posibles (aumento de la temperatura media global de 2 °C y 4 °C por encima de los niveles preindustriales). Respecto a cada marco temporal, se indican niveles de riesgo para una continuación de los niveles actuales de adaptación y asumiendo niveles elevados actuales o futuros de adaptación. Ello no implica necesariamente que los niveles de riesgo sean comparables, especialmente entre regiones. {GTII RRP recuadro de evaluación RRP.2 cuadro 1}

medias y altas (escenarios RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5) (*nivel de confianza medio*) (figura 2.5a). Los arrecifes de corales y los ecosistemas polares son sumamente vulnerables. {GTII RRP A-1, RRP B-2, 4.3-4, 5.4, 6.1, 6.3, 6.5, 25.6, 26.4, 29.4, recuadro CC-AC, recuadro CC-BM, recuadro CC-CF}

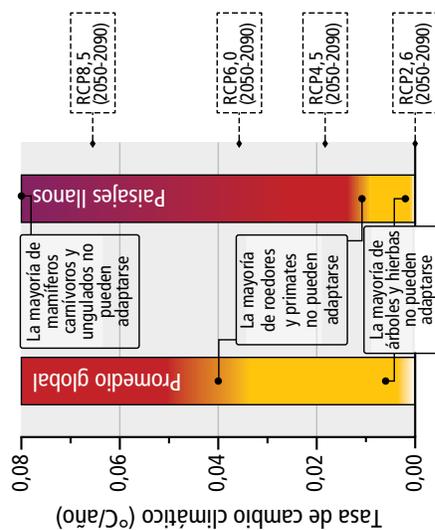
Una gran parte de las especies terrestres, dulceacuícolas y marinas afrontan un riesgo creciente de extinción debido al cambio climático durante el siglo XXI y posteriormente, especialmente porque el cambio climático interactúa con otros factores de estrés (*nivel de confianza alto*). El riesgo de extinción es superior con respecto a los períodos preindustrial y actual, en todos los escenarios RCP, debido a la magnitud y la tasa de cambio climático (*nivel de confianza alto*). Las extinciones se verán impulsadas por diversos factores relacionados con el clima (calentamiento, pérdida de hielo marino, variaciones de la precipitación, menor flujo fluvial, acidificación del océano y menores niveles de oxígeno en el océano) y la

interacción entre esos factores y su interacción con la modificación simultánea del hábitat, la sobreexplotación de las especies, la contaminación, la eutrofización y las especies invasoras (*nivel de confianza alto*). {GTII RRP B-2, 4.3-4.4, 6.1, 6.3, 6.5, 25.6, 26.4, recuadro CC-CF, recuadro CC-BM}

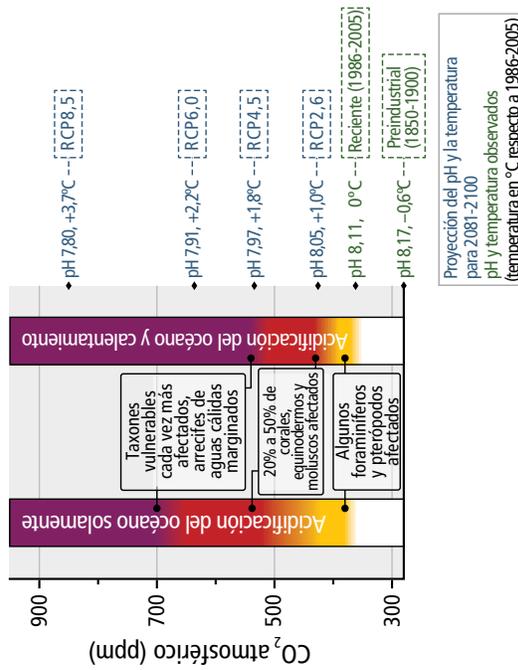
La redistribución global de las especies marinas y la reducción de la biodiversidad marina en regiones sensibles, bajo los efectos del cambio climático, pondrán en peligro el mantenimiento de la productividad pesquera y otros servicios ecosistémicos, especialmente en latitudes bajas (*nivel de confianza alto*). Para mediados del siglo XXI, con un calentamiento global de 2 °C respecto a las temperaturas preindustriales, los cambios en la distribución geográfica de las especies marinas provocarán un aumento de la abundancia de especies y del potencial de capturas de peces, en promedio, en las latitudes medias y altas (*nivel de confianza alto*) y su disminución en las latitudes tropicales y en mares semicerrados

**Aumento del riesgo de RCP2,6 a RCP8,5**

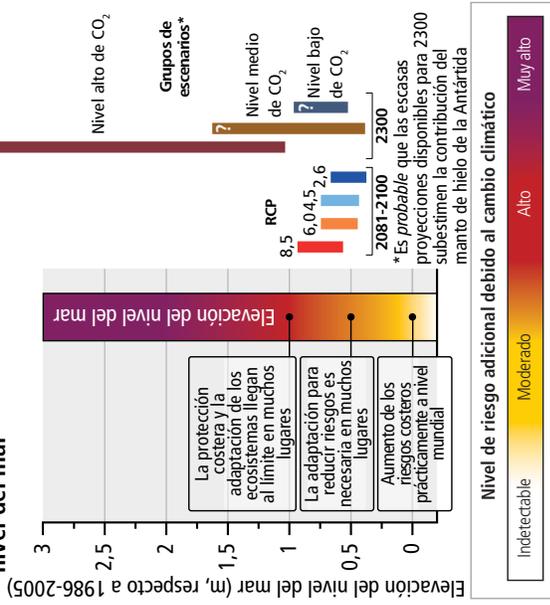
**a) Riesgo para especies terrestres y dulceacuícolas afectadas por la tasa de calentamiento**



**b) Riesgo para especies marinas afectadas por la acidificación del océano solamente, o también por niveles extremos de calentamiento**



**c) Riesgo para sistemas humanos y naturales costeros afectados por la elevación del nivel del mar**



**Figura 2.5 |** Riesgos de: **a)** alteración de la composición comunitaria de ecosistemas terrestres y de agua dulce debido a la tasa de calentamiento; **b)** organismos marinos afectados por la acidificación del océano o por niveles extremos de calentamiento junto con la acidificación del océano; y **c)** sistemas humanos y naturales costeros afectados por la elevación del nivel del mar. Los criterios para el nivel de riesgo se ajustan a los utilizados en el recuadro 2.4 y su calibración se ilustra en las anotaciones para cada gráfico. **a)** A niveles altos de calentamiento, los principales grupos de especies terrestres y dulceacuícolas son incapaces de desplazarse lo suficientemente rápido para permanecer en los entornos climáticos a los que se han adaptado y cuya ubicación va cambiando. Las velocidades medias observadas o modelizadas a las que las poblaciones de especies se desplazan (km/década) se comparan con la velocidad a la que los entornos climáticos se desplazan por el paisaje, teniendo en cuenta las tasas proyectadas de cambio climático para las distintas trayectorias de concentración representativas (RCP) durante el período 2050-2090. Se presentan los resultados para el promedio de todos los paisajes, a nivel global, así como para los paisajes llanos, donde el entorno climático se desplaza con especial rapidez. **b)** La sensibilidad a la acidificación del océano es alta en los organismos marinos que desarrollan una concha de carbonato cálcico. Los riesgos de la acidificación del océano aumentan con el calentamiento porque la acidificación del océano reduce los niveles tolerados de exposición al calor, como se ve en corales y crustáceos. **c)** La altura de un episodio de inundaciones de 50 años ya ha aumentado en muchas zonas costeras. Un aumento de 0,5 m en el nivel del mar multiplicaría por entre 10 y más de 100 veces la frecuencia de las inundaciones en muchos lugares, de no haber adaptación. La capacidad de adaptación local (y, en particular, la protección) llega al límite para los ecosistemas y sistemas humanos en muchos lugares por debajo de una elevación del nivel del mar de 1 m. (2.2.4, cuadro 2.1, figura 2.8) (GTI 3.7.5, 3.8, 6.4.4, figura 13.25, GTII figura RRP.5, figura 4-5, figura 6-10, recuadro CC-AO, 4.4.2.5, 5.2, 5.3-5.5, 5.4.4, 5.5.6, 6.3)

(figura 2.6a) (*nivel de confianza medio*). La ampliación progresiva de zonas con niveles mínimos de oxígeno y “zonas muertas” anóxicas en los océanos limitará aún más el hábitat de los peces (*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 (*nivel de confianza medio*). El cambio climático se suma a las amenazas de la sobreexplotación pesquera y otros factores de estrés no climáticos (*nivel de confianza alto*). {GTII RRP B-2, 6.3-6.5, 7.4, 25.6, 28.3, 29.3, 30.6-30.7, recuadro CC-BM, recuadro CC-PP}

Los ecosistemas marinos, especialmente los arrecifes de coral y los ecosistemas polares, están expuestos al riesgo de la acidificación del océano (*nivel de confianza medio a alto*). La acidificación del océano afecta a la fisiología, el comportamiento y la dinámica de las poblaciones de organismos. Los impactos en especies concretas y el número de especies afectadas en los grupos de especies aumentan de RCP4,5 a RCP8,5. 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*) (figura 2.6b). 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*), lo que da lugar a impactos interactivos, complejos y amplificados para las especies y los ecosistemas (figura 2.5b). {GTII RRP B-2, figura RRP.6B, 5.4, 6.3.2, 6.3.5, 22.3, 25.6, 28.3, 30.5, figura 6-10, recuadro CC-AC, recuadro CC-AO, recuadro RT.7}

El carbono almacenado en la biosfera terrestre puede incorporarse a la atmósfera como resultado del cambio climático, la deforestación y la degradación de los ecosistemas (*nivel de confianza alto*). Los aspectos del cambio climático con efectos directos en el carbono terrestre almacenado incluyen las altas temperaturas, la sequía y las tormentas de viento; los efectos indirectos incluyen mayores riesgos de incendio, plagas y brotes de enfermedades. Las proyecciones indican que durante el siglo XXI en muchas regiones aumentará la mortalidad arbórea y el decaimiento forestal conexas (*nivel de confianza medio*), lo que plantea riesgos para el almacenamiento de carbono, la biodiversidad, la producción de madera, la calidad del agua, el valor estético y la actividad económica. Hay un riesgo alto de emisiones sustanciales de carbono y metano como consecuencia del deshielo del permafrost. {GTII RRP, 4.2-4.3, figura 4-8, recuadro 4-2, recuadro 4-3, recuadro 4-4}

Los sistemas costeros y las zonas bajas experimentarán con mayor frecuencia fenómenos de inmersión, inundación y erosión a lo largo del siglo XXI y posteriormente, debido a la elevación del nivel del mar (*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 impulsores climáticos y no climáticos que afectan a los arrecifes de coral erosionarán los hábitats, aumentarán la exposición de las costas a las olas y las tormentas, y degradarán las características ambientales de importancia para la pesca y el turismo (*nivel de confianza alto*). Se prevé que algunos países en desarrollo y

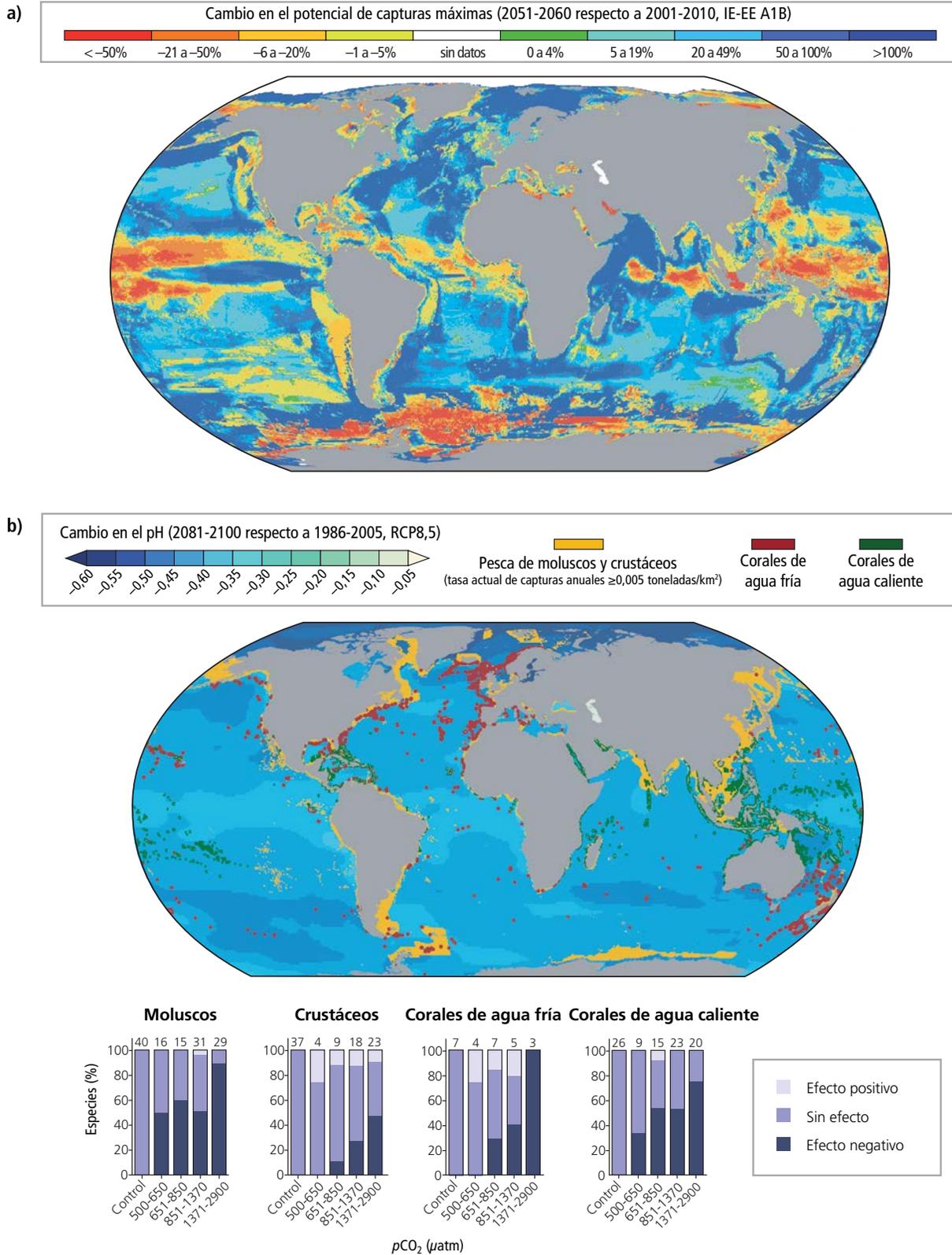
Estados insulares pequeños situados a baja altitud tendrán que afrontar impactos muy fuertes que podrán acarrear costos por concepto de daños y adaptación de varios puntos porcentuales de su producto interno bruto (PIB) (figura 2.5c). {GTII 5.3-5.5, 22.3, 24.4, 25.6, 26.3, 26.8, 29.4, cuadro 26-1, recuadro 25-1, recuadro CC-AC}

### 2.3.2 Los sistemas hídricos, alimentarios y urbanos, la salud y seguridad humana y los medios de subsistencia

Según las proyecciones, cuanto mayor sea el nivel de calentamiento en el siglo XXI mayor será el porcentaje de la población mundial que experimentará escasez de agua y que se verá afectada por grandes inundaciones fluviales (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). {GTII 3.4-3.5, 26.3, 29.4, cuadro 3-2, recuadro 25-8}

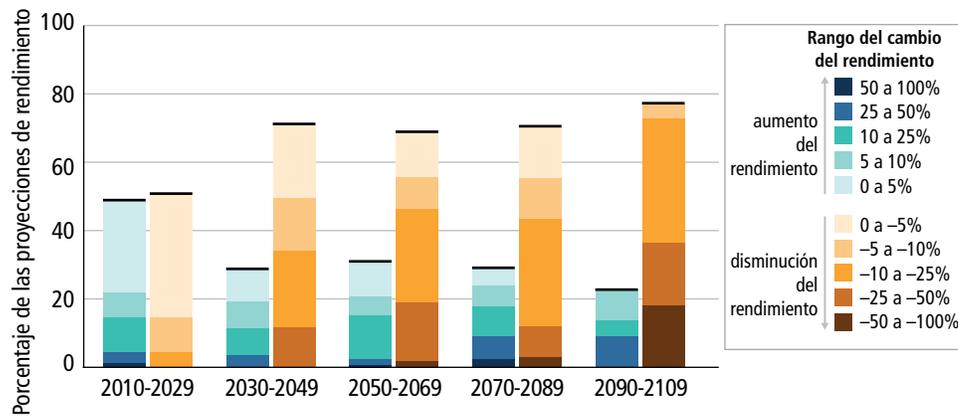
Las proyecciones sobre el cambio climático durante el siglo XXI indican que se reducirán los recursos renovables de aguas superficiales y aguas subterráneas en la mayoría de las regiones secas subtropicales (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*), con lo que se intensificará la competencia por el 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*). La interacción entre el aumento de la temperatura; el aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; la mayor concentración de contaminantes durante las sequías; y la interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas reducirá la calidad del agua bruta y generará riesgos para la calidad del agua potable (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {GTII 12.4, GTII 3.2, 3.4-3.6, 22.3, 23.9, 25.5, 26.3, cuadro 3-2, cuadro 23-3, recuadro 25-2, recuadro CC-CF, recuadro CC-AE}

Todos los aspectos de la seguridad alimentaria están potencialmente afectados por el cambio climático, incluidos la producción y el uso de alimentos, el acceso a estos y la estabilidad de sus precios (*nivel de confianza alto*). Para el 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%, respecto a finales del siglo XX. 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*) (figura 2.4, 2.7). La relación entre el calentamiento global y regional se explica en 2.2.1. {GTII 6.3-6.5, 7.4-7.5, 9.3, 22.3,



2

**Figura 2.6** | 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, comparando los promedios decenales en 2001-2010 y 2051-2060, utilizando condiciones oceánicas basadas en un único modelo climático con arreglo a un escenario de calentamiento entre moderado y alto (calentamiento de 2°C respecto de las temperaturas preindustriales), sin analizar los posibles impactos 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 la superficie del océano para 2100 en el caso del escenario RCP8,5. 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 figura en la parte superior de las barras para cada categoría de CO<sub>2</sub> elevado. Para 2100, los escenarios RCP en cada categoría de  $pCO_2$  son los siguientes: RCP4,5 para 500-650  $\mu atm$ ; RCP6,0 para 651-850  $\mu atm$ ; y RCP8,5 para 851-1 370  $\mu atm$ . Para 2150, RCP8,5 se enmarca en la categoría de 1 371-2 900  $\mu atm$ . La categoría de control corresponde a 380  $\mu atm$  (la unidad  $\mu atm$  es aproximadamente equivalente a ppm en la atmósfera). [GTI figura RRP8, recuadro RRP.1, GTII RRP B-2, figura RRP.6, 6.1, 6.3, 30.5, figura 6-10, figura 6-14]



**Figura 2.7** | Resumen de los cambios proyectados en los rendimientos de los cultivos (principalmente trigo, maíz, arroz y soja) debido al cambio climático a lo largo del siglo XXI. La figura combina 1 090 puntos de datos de proyecciones de modelos de cosechas, abarcando distintos escenarios de emisiones, regiones tropicales y templadas y casos de adaptación y no adaptación. Las proyecciones se agrupan en los períodos de 20 años (eje horizontal) durante los cuales ocurre su punto medio. Los cambios en el rendimiento de los cultivos se calculan con respecto a los niveles del final del siglo XX, y los datos para cada período totalizan el 100%. 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. {GTII figura RRP.7}

24.4, 25.7, 26.5, cuadro 7-2, cuadro 7-3, figura 7-1, figura 7-4, figura 7-5, figura 7-6, figura 7-7, figura 7-8, recuadro 7-1}

Hasta mediados de siglo, el 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*). Los impactos en la salud incluyen una mayor probabilidad de lesión y muerte debido a olas de calor e incendios más intensos, mayores riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua, y la pérdida de capacidad de trabajo y una menor productividad laboral en las poblaciones vulnerables (*nivel de confianza alto*). Aumentarán los riesgos de subnutrición en regiones pobres (*nivel de confianza alto*). Según las proyecciones, los riesgos de las enfermedades transmitidas por vector aumentarán generalmente con el calentamiento, debido a la ampliación de la estación y zona de infección, a pesar de reducciones en algunas zonas que pasarán a ser demasiado cálidas para los vectores de enfermedades (*nivel de confianza medio*). A nivel global, la magnitud y severidad de los impactos negativos primarán cada vez más sobre los impactos positivos (*nivel de confianza alto*). Para 2100, en el caso del escenario RCP8,5, se prevé 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*). {GTII RRP B-2, 8.2, 11.3-11.8, 19.3, 22.3, 25.8, 26.6, figura 25-5, recuadro CC-EC}

En las zonas urbanas, las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumenten los riesgos para las personas, los activos, las economías y los ecosistemas, incluidos los riesgos derivados del estrés térmico, las tormentas y precipitaciones extremas, las inundaciones continentales y costeras, los deslizamientos de tierra, la contaminación del aire, las sequías, la

escasez de agua, la elevación del nivel del mar y las mareas meteorológicas (*nivel de confianza muy alto*). Los riesgos se agravarán para las personas que carezcan de infraestructuras y servicios esenciales o vivan en zonas expuestas. {GTII 3.5, 8.2-8.4, 22.3, 24.4-24.5, 26.8, cuadro 8-2, recuadro 25-9, recuadro CC-EC}

Se prevé que las zonas rurales se enfrenten a grandes impactos en cuanto a la disponibilidad y abastecimiento de agua, la seguridad alimentaria, la infraestructura y los ingresos agrícolas, incluidos cambios en las zonas de cultivos alimentarios y no alimentarios en todo el mundo (*nivel de confianza alto*). Esos impactos afectarán desproporcionadamente el bienestar de los pobres en las zonas rurales, como los hogares encabezados por mujeres y los que tienen un acceso limitado a las tierras, los insumos agrícolas modernos, la infraestructura y la educación. {GTII 5.4, 9.3, 25.9, 26.8, 28.2, 28.4, recuadro 25-5}

Las pérdidas económicas totalizadas se aceleran a mayor temperatura (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*), pero actualmente es difícil estimar los impactos económicos globales derivados del cambio climático. Con el reconocimiento de limitaciones, las estimaciones incompletas existentes de las pérdidas económicas anuales globales para un calentamiento de ~2,5 °C por encima de los niveles preindustriales son del 0,2% al 2,0% de los ingresos (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Las proyecciones apuntan a que los cambios en la población, la estructura de edad, los ingresos, la tecnología, los precios relativos, el estilo de vida, los reglamentos y la gobernanza tendrán impactos relativamente mayores que el cambio climático, para la mayoría de los sectores económicos (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Según las proyecciones, los peligros meteorológicos más graves o frecuentes harán que aumenten las pérdidas y la variabilidad de las pérdidas relacionadas con los desastres, lo que planteará desafíos para la contratación de seguros asequibles, en particular en los países en desarrollo. Las dimensiones internacionales como el comercio y las relaciones entre Estados son también importantes para entender los riesgos del cambio climático a escala regional (recuadro 3.1) {GTII 3.5, 10.2, 10.7, 10.9-10.10, 17.4-17.5, 25.7, 26.7-26.9, recuadro 25-7}

**Cuadro 2.3** | Ejemplos de riesgos clave globales para diversos sectores, incluido el potencial de reducción del riesgo mediante la adaptación y la mitigación, así como los límites de la adaptación. Cada riesgo clave se considera muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto. Se presentan niveles de riesgo para tres marcos temporales: presente, corto plazo (en este caso, para 2030-2040) y largo plazo (en este caso, para 2080-2100). A corto plazo, los niveles proyectados de aumento medio global de la temperatura no difieren de forma sustancial entre los distintos escenarios de emisiones. A largo plazo, se presentan niveles de riesgo para dos situaciones posibles (aumento medio global de la temperatura de 2°C y 4°C por encima de los niveles preindustriales). Para cada marco temporal, se indican niveles de riesgo para una continuación de la adaptación actual y asumiendo niveles altos de adaptación actual o futura. Los niveles de riesgo no son necesariamente comparables entre sí, especialmente entre regiones. Las variables climáticas pertinentes se indican mediante iconos. *{GTII cuadro RT.4}*

Motores climáticos de los impactos									Nivel de riesgo y potencial de adaptación																					
									Potencial de adaptación adicional para reducir el riesgo 																					
Tendencia de calentamiento	Temperatura extrema	Tendencia de desecación	Precipitación extrema	Ciclón destructivo	Inundación	Marea meteorológica	Acidificación del océano	Fertilización con dióxido de carbono	Nivel de riesgo con gran adaptación	Nivel de riesgo con la adaptación actual																				
Riesgos globales																														
Riesgo clave	Cuestiones de adaptación y perspectivas			Motores climáticos	Marco temporal	Riesgo y potencial de adaptación																								
<p>Contracción del sumidero de carbono terrestre: El carbono almacenado en los ecosistemas terrestres puede dispersarse 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>)</p> <p><i>{GTII 4.2, 4.3}</i></p>	<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></td> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 4°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente				Corto plazo (2030-2040)				Largo plazo 2°C (2080-2100)				Largo plazo 4°C (2080-2100)								
	Muy bajo	Medio	Muy alto																											
Presente																														
Corto plazo (2030-2040)																														
Largo plazo 2°C (2080-2100)																														
Largo plazo 4°C (2080-2100)																														
<p>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>)</p> <p><i>{GTII 4.3, recuadro 4-4}</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hay pocas opciones de adaptación en el Ártico.</li> </ul>				<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 4°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente				Corto plazo (2030-2040)				Largo plazo 2°C (2080-2100)				Largo plazo 4°C (2080-2100)								
	Muy bajo	Medio	Muy alto																											
Presente																														
Corto plazo (2030-2040)																														
Largo plazo 2°C (2080-2100)																														
Largo plazo 4°C (2080-2100)																														
<p>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>)</p> <p><i>{GTII 4.3, recuadro 4-3}</i></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></td> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 4°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente				Corto plazo (2030-2040)				Largo plazo 2°C (2080-2100)				Largo plazo 4°C (2080-2100)								
	Muy bajo	Medio	Muy alto																											
Presente																														
Corto plazo (2030-2040)																														
Largo plazo 2°C (2080-2100)																														
Largo plazo 4°C (2080-2100)																														
<p>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>)</p> <p><i>{GTII 4.3, 4.4}</i></p>	<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></td> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 4°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente				Corto plazo (2030-2040)				Largo plazo 2°C (2080-2100)				Largo plazo 4°C (2080-2100)								
	Muy bajo	Medio	Muy alto																											
Presente																														
Corto plazo (2030-2040)																														
Largo plazo 2°C (2080-2100)																														
Largo plazo 4°C (2080-2100)																														
<p>Redistribución y disminución globales de los rendimientos de pesca en latitudes bajas, de forma paralela a una tendencia global de peces más pequeños en las capturas (<i>nivel de confianza medio</i>)</p> <p><i>{GTII 6.3 a 6.5, 30.5, 30.6}</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor pobreza costera en latitudes bajas a medida que disminuye el tamaño de las pesquerías – compensado en parte por el crecimiento de la acuicultura y la planificación espacial marina, así como la mejora de los esfuerzos de la pesca industrializada</li> </ul>				<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 4°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente				Corto plazo (2030-2040)				Largo plazo 2°C (2080-2100)				Largo plazo 4°C (2080-2100)								
	Muy bajo	Medio	Muy alto																											
Presente																														
Corto plazo (2030-2040)																														
Largo plazo 2°C (2080-2100)																														
Largo plazo 4°C (2080-2100)																														
<p>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>)</p> <p><i>{GTII 5.3, 6.1, 6.3, 6.4, 30.3, recuadro CC-AO}</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe evidencia de resistencia diferencial y adaptación evolutiva de algunas especies, pero es probable que esas capacidades estén limitadas a concentraciones más elevadas de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, 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></td> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 4°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente				Corto plazo (2030-2040)				Largo plazo 2°C (2080-2100)				Largo plazo 4°C (2080-2100)								
	Muy bajo	Medio	Muy alto																											
Presente																														
Corto plazo (2030-2040)																														
Largo plazo 2°C (2080-2100)																														
Largo plazo 4°C (2080-2100)																														
<p>Pérdida de biodiversidad marina con alta tasa de cambio climático (<i>nivel de confianza medio</i>)</p> <p><i>{GTII 6.3, 6.4, cuadro 30-4, recuadro CC-BM}</i></p>	<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></td> <td>Muy bajo</td> <td>Medio</td> <td>Muy alto</td> </tr> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 4°C (2080-2100)</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente				Corto plazo (2030-2040)				Largo plazo 2°C (2080-2100)				Largo plazo 4°C (2080-2100)								
	Muy bajo	Medio	Muy alto																											
Presente																														
Corto plazo (2030-2040)																														
Largo plazo 2°C (2080-2100)																														
Largo plazo 4°C (2080-2100)																														



Cuadro 2.3 (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> ) <i>[GTII 7.2 a 7.5, figura 7-5, recuadro 7-1]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Medio</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> </tbody> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente	[Barra de riesgo]			Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]			Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]			4°C	[Barra de riesgo]			
	Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente	[Barra de riesgo]																							
Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]																							
Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]																							
4°C	[Barra de riesgo]																							
Riesgos urbanos asociados con los sistemas de suministro de agua ( <i>nivel de confianza alto</i> ) <i>[GTII 8.2, 8.3]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Medio</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> </tbody> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente	[Barra de riesgo]			Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]			Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]			4°C	[Barra de riesgo]			
	Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente	[Barra de riesgo]																							
Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]																							
Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]																							
4°C	[Barra de riesgo]																							
Riesgos urbanos asociados con sistemas energéticos ( <i>nivel de confianza alto</i> ) <i>[GTII 8.2, 8.4]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Medio</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> </tbody> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente	[Barra de riesgo]			Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]			Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]			4°C	[Barra de riesgo]			
	Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente	[Barra de riesgo]																							
Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]																							
Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]																							
4°C	[Barra de riesgo]																							
Riesgos urbanos asociados con la vivienda ( <i>nivel de confianza alto</i> ) <i>[GTII 8.3]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Medio</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> </tbody> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente	[Barra de riesgo]			Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]			Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]			4°C	[Barra de riesgo]			
	Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente	[Barra de riesgo]																							
Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]																							
Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]																							
4°C	[Barra de riesgo]																							
Desplazamiento asociado con episodios extremos ( <i>nivel de confianza alto</i> ) <i>[GTII 12.4]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Medio</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> </tbody> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente	[Barra de riesgo]			Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]			Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]			4°C	[Barra de riesgo]			
	Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente	[Barra de riesgo]																							
Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]																							
Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]																							
4°C	[Barra de riesgo]																							
Conflicto violento derivado del deterioro de los medios de subsistencia que dependen de los recursos como la agricultura y el pastoreo ( <i>nivel de confianza alto</i> ) <i>[GTII 12.5]</i>	<p>Opciones de adaptación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>Mecanismos de alerta temprana para promover la reducción eficaz de los riesgos</li> <li>Estrategias bien establecidas de gestión de conflictos violentos que sean eficaces aunque requieran importantes recursos, inversión y voluntad política</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Medio</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> </tbody> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente	[Barra de riesgo]			Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]			Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]			4°C	[Barra de riesgo]			
	Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente	[Barra de riesgo]																							
Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]																							
Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]																							
4°C	[Barra de riesgo]																							
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> ) <i>[GTII 13.2, recuadro 13-1]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las opciones de adaptación son limitadas para las personas que dependen de la agricultura y no pueden permitirse maquinaria agrícola</li> <li>Las opciones de adaptación son limitadas en el sector de la construcción donde muchas personas pobres trabajan en condiciones inseguras</li> <li>Los límites de la adaptación se pueden sobrepasar en determinadas zonas en un mundo con +4 °C.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Medio</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> </tbody> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente	[Barra de riesgo]			Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]			Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]			4°C	[Barra de riesgo]			
	Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente	[Barra de riesgo]																							
Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]																							
Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]																							
4°C	[Barra de riesgo]																							
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> ) <i>[GTII 13.2, recuadro 13-1]</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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 salubre. 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.</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muy bajo</th> <th>Medio</th> <th>Muy alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Presente</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Corto plazo (2030-2040)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>Largo plazo 2°C (2080-2100)</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> <tr> <td>4°C</td> <td colspan="3">[Barra de riesgo]</td> </tr> </tbody> </table>		Muy bajo	Medio	Muy alto	Presente	[Barra de riesgo]			Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]			Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]			4°C	[Barra de riesgo]			
	Muy bajo	Medio	Muy alto																					
Presente	[Barra de riesgo]																							
Corto plazo (2030-2040)	[Barra de riesgo]																							
Largo plazo 2°C (2080-2100)	[Barra de riesgo]																							
4°C	[Barra de riesgo]																							

Desde la perspectiva de la pobreza, las proyecciones indican que los impactos del cambio climático ralentizarán el crecimiento económico, harán más difícil reducir la pobreza, seguirán menoscabando 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 exacerbén 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 (figura 2.4). {GTII 8.1, 8.3-8.4, 9.3, 10.9, 13.2-13.4, 22.3, 26.8}

#### Recuadro 2.4 | Motivos de preocupación en relación con el cambio climático

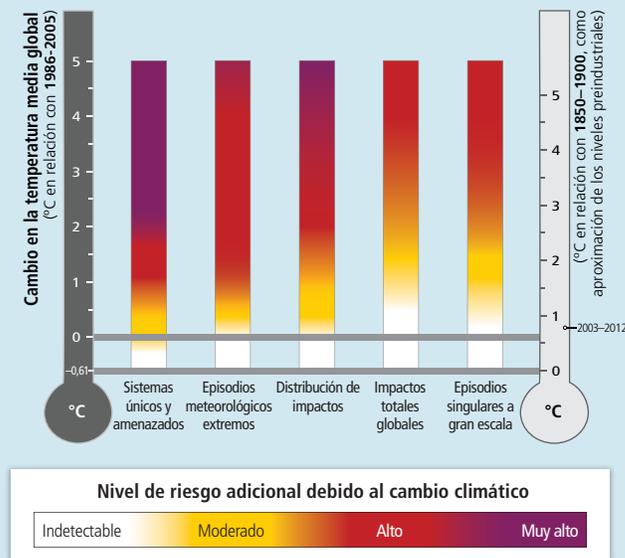
Hay cinco motivos de preocupación que han servido de marco para resumir los riesgos clave desde el Tercer Informe de Evaluación del IPCC. Son cinco motivos que describen las implicaciones del calentamiento y de los límites de la adaptación para las personas, las economías y los ecosistemas entre sectores y regiones, y que proporcionan un punto de partida para evaluar la interferencia antropógena peligrosa con el sistema climático. Todos los niveles de calentamiento en el texto del recuadro 2.4 se formulan con respecto al período 1986-2005. La adición de ~0,6 °C a esos niveles de calentamiento muestra *grosso modo* el calentamiento con respecto al período 1850-1900, que aquí se utiliza como aproximación para el período preindustrial (escala en el margen derecho del recuadro 2.4, figura 1). {GTII recuadro de evaluación RRP.1}

Los cinco motivos de preocupación se asocian con:

1. **Sistemas únicos y amenazados:** Algunos ecosistemas y culturas ya están en riesgo a causa del cambio climático (*nivel de confianza alto*). Con un calentamiento adicional de alrededor de 1 °C, aumenta el número de sistemas únicos y amenazados que se encuentran en riesgo de aumento de graves consecuencias. Muchos sistemas con capacidad adaptativa limitada, en particular los asociados con el hielo marino del Ártico y los arrecifes de coral, están sujetos a riesgos muy elevados en caso de que se produzca un calentamiento adicional de 2 °C. Además de los riesgos derivados de la *magnitud* del calentamiento, las especies terrestres también son sensibles a la *tasa* de calentamiento, las especies marinas a la *tasa* y el grado de acidificación del océano, y los sistemas costeros a la elevación del nivel del mar (figura 2.5).
2. **Episodios meteorológicos extremos:** Los riesgos relacionados con el cambio climático derivados de episodios extremos, como las olas de calor, la precipitación intensa y las inundaciones costeras, ya son moderados (*nivel de confianza alto*). Con un calentamiento adicional de 1 °C, los riesgos son altos (*nivel de confianza medio*). Los riesgos asociados con algunos tipos de episodios extremos (p. ej., el calor extremo) aumentan progresivamente a medida que aumenta el calentamiento (*nivel de confianza alto*).
3. **Distribución de impactos:** Los riesgos se distribuyen de forma dispar entre grupos de personas y entre regiones; los riesgos son generalmente mayores para las personas y comunidades desfavorecidas en todas partes. Los riesgos ya son moderados debido a las diferencias regionales en los impactos observados del cambio climático, en particular para la producción de cultivos (*nivel de confianza medio a alto*). Sobre la base de las disminuciones proyectadas en los rendimientos de los cultivos y la disponibilidad del 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 globales:** Los riesgos de impactos totales a nivel global son moderados para un calentamiento adicional de entre 1 °C y 2 °C, lo que refleja los impactos en la biodiversidad de la Tierra y 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 se dispone de pocas estimaciones cuantitativas para un calentamiento adicional superior a 3 °C.
5. **Episodios singulares a gran escala:** Con un aumento del calentamiento, algunos sistemas físicos y ecológicos están en riesgo de sufrir cambios abruptos o irreversibles (véase la sección 2.4). Los riesgos asociados a esos puntos críticos son moderados con un calentamiento adicional de entre 0 °C y 1 °C, puesto que hay señales que indican que los arrecifes de coral de aguas cálidas y los ecosistemas árticos ya están experimentando cambios irreversibles en sus regímenes (*nivel de confianza medio*). Los riesgos aumentan de forma pronunciada con un calentamiento adicional de entre 1 °C y 2 °C y pasan a ser altos por encima de los 3 °C, debido al potencial de gran e irreversible elevación del nivel del mar por la pérdida de los mantos de hielo. Para un calentamiento sostenido por encima de un umbral de calentamiento adicional superior a ~0,5 °C (*nivel de confianza bajo*) pero inferior a ~3,5 °C (*nivel de confianza medio*), la pérdida casi completa del manto de hielo de Groenlandia se produciría tras un milenio o más, lo que contribuiría a una elevación del nivel medio global del mar de hasta 7 m.

(continúa en la página siguiente)

Recuadro 2.4 (continuación)



**Recuadro 2.4, figura 1** | Los riesgos asociados a los motivos de preocupación a nivel global se muestran para niveles crecientes de cambio climático. El sombreado de color indica los riesgos adicionales debidos al cambio climático cuando se alcanza un nivel de temperatura y a continuación se sostiene o se supera. El color blanco indica que no se detecta ni se atribuye al cambio climático ningún impacto asociado. El color amarillo indica que los impactos asociados son detectables y atribuibles al cambio climático con al menos un *nivel de confianza medio*. El color rojo indica impactos graves y extendidos. El color púrpura, introducido en esta evaluación, muestra que se señala un riesgo muy alto para todos los criterios de riesgo clave. {GTII recuadro de evaluación RRP.1, figura 19-4}

Las proyecciones indican que el cambio climático 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, como inundaciones y sequías. Mayores oportunidades de movilidad pueden reducir la vulnerabilidad de esas poblaciones. Los cambios en las pautas de migración pueden suponer respuestas ante episodios meteorológicos extremos y la variabilidad y el cambio del clima a más largo plazo, y la migración también puede ser una estrategia eficaz de adaptación. {GTII 9.3, 12.4, 19.4, 22.3, 25.9}

El cambio climático puede hacer que aumenten indirectamente los riesgos de conflictos violentos al agravar los factores documentados que impulsan dichos conflictos, como son la pobreza y las crisis económicas (*nivel de confianza medio*). Múltiples líneas de evidencia vinculan la variabilidad climática con algunas formas de conflicto. {GTII RRP, 12.5, 13.2, 19.4}

## 2.4 El cambio climático después de 2100, irreversibilidad y cambios abruptos

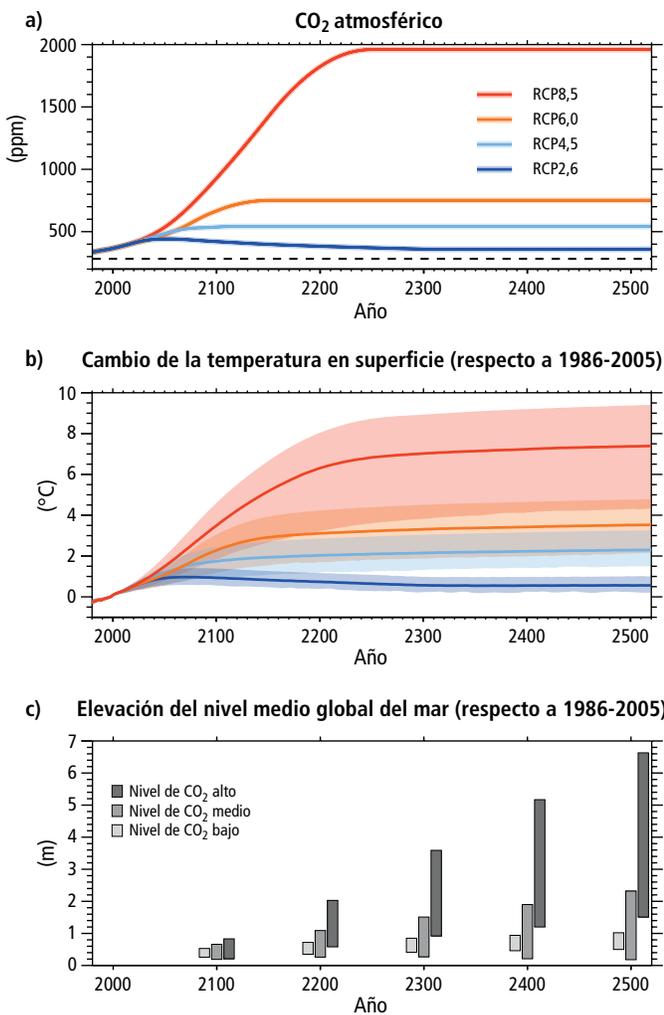
Muchos aspectos del cambio climático y los impactos asociados continuarán durante siglos, incluso si se detienen las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. Los riesgos de cambios abruptos o irreversibles aumentan a medida que aumenta la magnitud del calentamiento.

El calentamiento continuará después de 2100 en todos los escenarios RCP, excepto para el RCP2.6. Durante muchos siglos, la temperatura en superficie se mantendrá aproximadamente constante a niveles elevados después de que cesen completamente las emisiones antropógenas netas de CO<sub>2</sub> (véase la sección 2.2.5 para la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el cambio de la temperatura global). Gran parte del cambio climático antropógeno resultante de las emisiones de CO<sub>2</sub> es irreversible en una escala temporal de entre varios siglos y milenios, excepto en el caso en que se produzca una abundante remoción neta de CO<sub>2</sub> de la atmósfera durante un período de tiempo prolongado (figura 2.8a, b). {GTII RRP E.1, RRP E.8, 12.5.2}

La estabilización de la temperatura en superficie media global no implica la estabilización de todos los aspectos del sistema climático. Los biomas cambiantes, el reequilibrio del carbono en el suelo, los mantos de hielo, las temperaturas de los océanos y la elevación del nivel del mar conexas tienen su propia escala temporal intrínseca que dará lugar a cambios continuos durante cientos a miles de años después de que la temperatura global en superficie se haya estabilizado. {GTII RRP E.8, 12.5.2-12.5.4, GTII 4.2}

La acidificación del océano continuará durante siglos si continúan las emisiones de CO<sub>2</sub>, afectará intensamente a los ecosistemas marinos (*nivel de confianza alto*), y el impacto se verá exacerbado por las temperaturas extremas cada vez mayores (figura 2.5b). {GTII 3.8.2, 6.4.4, GTII RRP B-2, 6.3.2, 6.3.5, 30.5, recuadro CC-AO}

La elevación del nivel medio global del mar continuará durante muchos siglos después de 2100 (*prácticamente seguro*). Los escasos análisis disponibles que van más allá de 2100 indican una



**Figura 2.8 | a)** Niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico y **b)** proyección del cambio de la temperatura en superficie media global simulada por los Modelos del sistema Tierra de complejidad intermedia para las cuatro trayectorias de concentración representativas (RCP) hasta 2300 (respecto a 1986-2005), seguido por un forzamiento radiativo constante (nivel en el año 2300). Se ha aplicado un suavizamiento decenal. La línea discontinua en a) indica la concentración preindustrial de CO<sub>2</sub>. **c)** Proyecciones del cambio en el nivel del mar agrupadas en tres categorías según la concentración de gas de efecto invernadero (en CO<sub>2</sub>-eq) en 2100 (nivel bajo: concentraciones que alcanzan un máximo y que se reducen hasta permanecer por debajo de 500 ppm, como en el escenario RCP2,6; nivel medio: de 500 a 700 ppm, incluido el escenario RCP4,5; nivel alto: concentraciones superiores a 700 ppm pero inferiores a 1 500 ppm, como en los escenarios RCP6,0 y RCP8,5). Las barras en c) muestran la extensión posible máxima que puede obtenerse con los escasos resultados de los modelos disponibles (y no deben interpretarse como rangos de incertidumbre). Es probable que esos modelos subestimen la contribución del manto de hielo de la Antártida, lo que da lugar a una infraestimación de la elevación del nivel del mar proyectada después de 2100. {GTI figura 12.43, figura 13.13, cuadro 13.8, GTII RRP B-2}

elevación del nivel del mar inferior a 1 m por encima del nivel preindustrial para 2300 con respecto a concentraciones de gases de efecto invernadero que alcanzan un máximo y que se reducen hasta permanecer por debajo de 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq, como en el escenario RCP2,6. Para un forzamiento radiativo correspondiente a una concentración de CO<sub>2</sub>-eq en 2100 por encima de 700 ppm pero por debajo de 1 500 ppm, como en el escenario RCP8,5, la elevación proyectada es de 1 m a más de 3 m para 2300 (nivel de confianza medio) (figura 2.8c). Hay

un nivel de confianza bajo en la capacidad de los modelos disponibles para proyectar la descarga de hielo sólido del manto de hielo de la Antártida. Por tanto, es probable que esos modelos infravaloren la contribución del manto de hielo de la Antártida, lo que da lugar a una infraestimación de la elevación del nivel del mar proyectada después de 2100. {GTI RRP E.8, 13.4.4, 13.5.4}

Los modelos climáticos globales apenas reflejan la existencia de un punto o umbral crítico en la transición desde una situación de hielos perennes a un océano Ártico sin hielo en algunas estaciones, más allá del cual la pérdida de más hielo marino es imparable e irreversible. {GTI 12.5.5}

Existe un nivel de confianza bajo en la evaluación de la evolución de la circulación meridional de retorno del Atlántico más allá del siglo XXI, debido al reducido número de análisis realizados y a los resultados equívocos obtenidos. No obstante, no se puede excluir el colapso de esa circulación después del siglo XXI en caso de un gran calentamiento sostenido. {GTI RRP E.4, 12.4.7, 12.5.5}

**La pérdida de masa sostenida de los mantos de hielo causaría una mayor elevación del nivel del mar, y parte de esa pérdida de masa podría ser irreversible.** Hay un nivel de confianza alto en cuanto a que el calentamiento medio global sostenido por encima de un umbral propiciaría la pérdida casi completa del manto de hielo de Groenlandia durante al menos un milenio, lo que causaría una elevación del nivel del mar de hasta 7 m. Las estimaciones actuales indican que el umbral es superior a un 1 °C de calentamiento global con respecto al nivel preindustrial (nivel de confianza bajo), aunque inferior a 4 °C (nivel de confianza medio). La pérdida de hielo abrupta e irreversible, provocada por una posible inestabilidad de sectores marinos 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. {GTI RRP E.8, 5.6.2, 5.8.1, 13.4.3, 13.5.4}

**En el siglo XXI, las magnitudes y tasas del cambio climático asociadas a escenarios de emisiones entre medias y altas (RCP4,5, RCP6,0 y RCP8,5) suponen un alto riesgo de cambio abrupto e irreversible a escala regional en la composición, estructura y función de los ecosistemas marinos, terrestres y dulceacuícolas, incluidos los humedales (nivel de confianza medio), así como los arrecifes de coral de aguas cálidas (nivel de confianza alto).** Entre los ejemplos que podrían agravar sustancialmente el cambio climático cabe mencionar la degradación del sistema ártico boreal-tundra (nivel de confianza medio) y el bosque amazónico (nivel de confianza bajo) {GTII 4.3.3.1, recuadro 4.3, recuadro 4.4, 5.4.2.4, 6.3.1-6.3.4, 6.4.2, 30.5.3-30.5.6, recuadro CC-AC, recuadro CC-BM}

**Es prácticamente seguro que se produzca una reducción de la extensión del permafrost con el aumento continuo de las temperaturas globales.** Según las proyecciones, las zonas actuales de permafrost pasarán a ser un emisor neto de carbono (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>) con una pérdida de 180 a 920 GtCO<sub>2</sub> (50 a 250 GtC) en el escenario RCP8,5 a lo largo del siglo XXI (nivel de confianza bajo). {GTI ETE.5, 6.4.3.4, 12.5.5, GTII 4.3.3.4}





# 3

## **Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible**

## Tema 3: Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible

La adaptación y la mitigación son estrategias complementarias para reducir y manejar los riesgos del cambio climático. Si en los próximos decenios se reducen sustancialmente las emisiones, se pueden lograr disminuciones en los riesgos climáticos a lo largo del siglo XXI y posteriormente, ampliar las perspectivas de una adaptación efectiva, reducir los costos y los retos de mitigación a largo plazo y contribuir a que las trayectorias de desarrollo sostenible sean resilientes al clima.

La adaptación y la mitigación son dos estrategias complementarias de respuesta al cambio climático. La adaptación es el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos a fin de minimizar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. La mitigación es el proceso consistente en reducir las emisiones o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI), con el objeto de limitar el cambio climático futuro. Tanto la adaptación como la mitigación pueden reducir y manejar los riesgos del cambio climático. Con todo, la adaptación y la mitigación también pueden generar otros riesgos, así como beneficios. Las respuestas estratégicas al cambio climático entrañan el estudio de los riesgos relacionados con el clima y de los riesgos y beneficios que comportan las medidas de adaptación y mitigación. {GTII RRP A-3, RRP C, glosario, GTIII RRP.2, 4.1, 5.1, glosario}

Los impactos de la mitigación, la adaptación y el clima pueden originar transformaciones y cambios en los sistemas. En función del ritmo y la magnitud del cambio y la vulnerabilidad y exposición de los sistemas humanos y naturales, el cambio climático alterará los ecosistemas, los sistemas alimentarios, la infraestructura, las zonas costeras, urbanas y rurales, la salud humana y los medios de subsistencia. Las respuestas de adaptación a un clima cambiante requieren medidas que comprendan desde cambios graduales hasta cambios de carácter más fundamental y transformacionales<sup>34</sup>. La mitigación puede acarrear cambios fundamentales en la manera en que las sociedades humanas producen y utilizan los servicios energéticos y la tierra. {GTII B, C, RT C, recuadro RT.8, glosario, GTIII RRP.4}

El tema 3 del presente informe examina los factores que influyen en el estudio de las estrategias de mitigación y adaptación. Se consideran los beneficios, los riesgos, los cambios graduales y las posibles transformaciones derivadas de distintas combinaciones de impactos de la mitigación y la adaptación y de efectos residuales relacionados con el clima. Se aborda de qué manera influirán las respuestas de los próximos decenios en las opciones para limitar el cambio climático a largo plazo y en las oportunidades para adaptarse a él. Por último, se consideran otros factores —incluidos la incertidumbre, las consideraciones éticas y los vínculos con otros objetivos sociales— que pueden repercutir en las decisiones en materia de mitigación y adaptación. Posteriormente, en el tema 4, se estudian las perspectivas de mitigación y adaptación basándose en los conocimientos actuales sobre herramientas, opciones y políticas.

3

### 3.1 Bases para la toma de decisiones en materia de cambio climático

La toma de decisiones efectivas para limitar el cambio climático y sus efectos puede basarse en una amplia gama de métodos analíticos para evaluar los riesgos y beneficios esperados, según se considere la importancia que tienen la gobernanza, las dimensiones éticas, la equidad, los juicios de valor, las evaluaciones económicas y las diversas percepciones y respuestas ante el riesgo y la incertidumbre.

El desarrollo sostenible y la equidad sirven de base para analizar las políticas climáticas. Es necesario limitar los efectos del cambio climático para lograr el desarrollo sostenible y la equidad, incluida la erradicación de la pobreza. Las contribuciones pasadas y futuras de los países a la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera son diferentes, y los países también afrontan desafíos y circunstancias dispares, y disponen de medios diferentes para abordar la mitigación y la adaptación. A la par de la mitigación y la adaptación, necesarias para alcanzar el desarrollo sos-

tenible y la erradicación de la pobreza, surgen cuestiones de equidad y justicia. Gran parte de la población más vulnerable al cambio climático apenas ha contribuido ni contribuye a las emisiones de GEI. Retrasar la mitigación traslada las cargas del presente al futuro, y la insuficiencia de respuesta ante los nuevos impactos ya está socavando la base del desarrollo sostenible. Tanto la adaptación como la mitigación tienen efectos distributivos en los ámbitos local, nacional e internacional, dependiendo de quién pague y quién se beneficie. El proceso de toma de decisiones en materia de cambio climático, y la medida en la que este respete los derechos y las opiniones de todos los afectados, también es una cuestión de justicia. {GTII 2.2, 2.3, 13.3, 13.4, 17.3, 20.2, 20.5, GTIII RRP.2, 3.3, 3.10, 4.1.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.8}

No se alcanzará una mitigación eficaz si los distintos agentes anteponen sus propios intereses de forma independiente. El cambio climático tiene las características de un problema de acción colectiva a escala mundial, puesto que la mayoría de los GEI se acumulan con el tiempo y se combinan globalmente, y las emisiones realizadas por cualquier agente (p. ej., personas, comunidades, empresas o países) afectan a los demás agentes. Por consiguiente, se requieren respuestas cooperativas, en particular de cooperación internacional, para mitigar de forma eficaz las emisiones de GEI y abordar otros pro-

<sup>34</sup> La transformación se utiliza en el presente informe para referirse a un cambio en los atributos fundamentales de un sistema (véase el glosario). Las transformaciones se pueden producir a distintos niveles; a nivel nacional, se considera que la transformación es más eficaz si refleja las visiones y enfoques propios de un país para lograr el desarrollo sostenible conforme a sus circunstancias y prioridades nacionales. {GTII RRP C-2, 2-13, 20.5, GTIII RRP, 6-12}

blemas del cambio climático. La eficacia de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, incluso hecha de la cooperación internacional. Los datos sugieren que los resultados que se consideran equitativos pueden desencadenar una cooperación más eficaz. {GTII 20.3.1, GTIII RRP.2, RT.1, 1.2, 2.6, 3.2, 4.2, 13.2, 13.3}

**La toma de decisiones en materia de cambio climático implica valorar distintas causas y mediar entre ellas, y puede ser respaldada por los métodos analíticos de distintas disciplinas normativas.** La ética analiza las distintas causas implicadas y las relaciones entre ellas. La filosofía política reciente ha investigado la cuestión de la responsabilidad de los efectos de las emisiones. La economía y el análisis de decisiones proporcionan métodos cuantitativos de valoración que se pueden utilizar para estimar el costo social del carbono (véase el recuadro 3.1), mediante análisis de costo-beneficio y costo-efectividad, para su optimización en modelos integrados y de otro tipo. Los métodos económicos pueden reflejar principios éticos, y tener en cuenta productos no comercializados, la equidad, sesgos de comportamiento, beneficios y costos secundarios, y los distintos valores que tiene el dinero para diferentes poblaciones. No obstante, están sujetos a limitaciones ampliamente documentadas. {GTII 2.2, 2.3, GTIII RRP.2, recuadro RT.2, 2.4, 2.5, 2.6, 3.2-3.6, 3.9.4}

**Los métodos analíticos de valoración no pueden determinar un único equilibrio idóneo entre los impactos de la mitigación y la adaptación y los efectos climáticos residuales.** Entre las razones más importantes para ello cabe reseñar que el cambio climático comprende procesos naturales y sociales sumamente complejos, que existen hondas discrepancias sobre las causas en cuestión, y que los impactos del cambio climático y los enfoques de mitigación presentan importantes efectos distributivos. No obstante, la información sobre las consecuencias que acarrearían las trayectorias de emisiones en los objetivos climáticos alternativos y los niveles de riesgo pueden ser una aportación útil para los procesos de toma de decisiones. La evaluación de las respuestas al cambio climático entraña el análisis del conjunto de impactos más amplio posible, incluso hecha de aquellos resultados poco probables con consecuencias desproporcionadas. {GTII 1.1.4, 2.3, 2.4, 17.3, 19.6, 19.7, GTIII 2.5, 2.6, 3.4, 3.7, recuadro 3-9}

**La toma de decisiones y la gestión de riesgos de forma eficaz en el complejo entorno del cambio climático pueden ser iterativas: a menudo las estrategias se pueden ajustar a medida que surgen nuevos conocimientos e información durante su aplicación.** Sin embargo, las decisiones en materia de adaptación y mitigación a corto plazo afectarán a los riesgos del cambio climático durante todo el siglo XXI y posteriormente, y las perspectivas en relación con las trayectorias resilientes al clima para el desarrollo sostenible dependen de los logros obtenidos mediante la mitigación. Las oportunidades para aprovechar las sinergias positivas entre la adaptación y la mitigación pueden reducirse con el tiempo, especialmente si se retrasa demasiado la mitigación. En la toma de decisiones en materia de cambio climático influye la forma en que las personas y las organizaciones perciben los riesgos y las incertidumbres y los toman en consideración. A menudo utilizan normas simplificadas para la toma de decisiones, sobrestiman o subestiman los riesgos y son tendenciosos en favor del *statu quo*. Difieren en cuanto a la aversión al riesgo y la importancia relativa que dan a las consecuencias a corto plazo de

determinadas medidas frente a las consecuencias a largo plazo. Los métodos analíticos formalizados para tomar decisiones en situaciones de incertidumbre pueden considerar con exactitud el riesgo, y centrar su atención en las consecuencias a corto y largo plazo. {GTII RRP A-3, RRP C-2, 2.1-2.4, 3.6, 14.1-14.3, 15.2-15.4, 17.1-17.3, 17.5, 20.2, 20.3, 20.6, GTIII RRP.2, 2.4, 2.5, 5.5, 16.4}

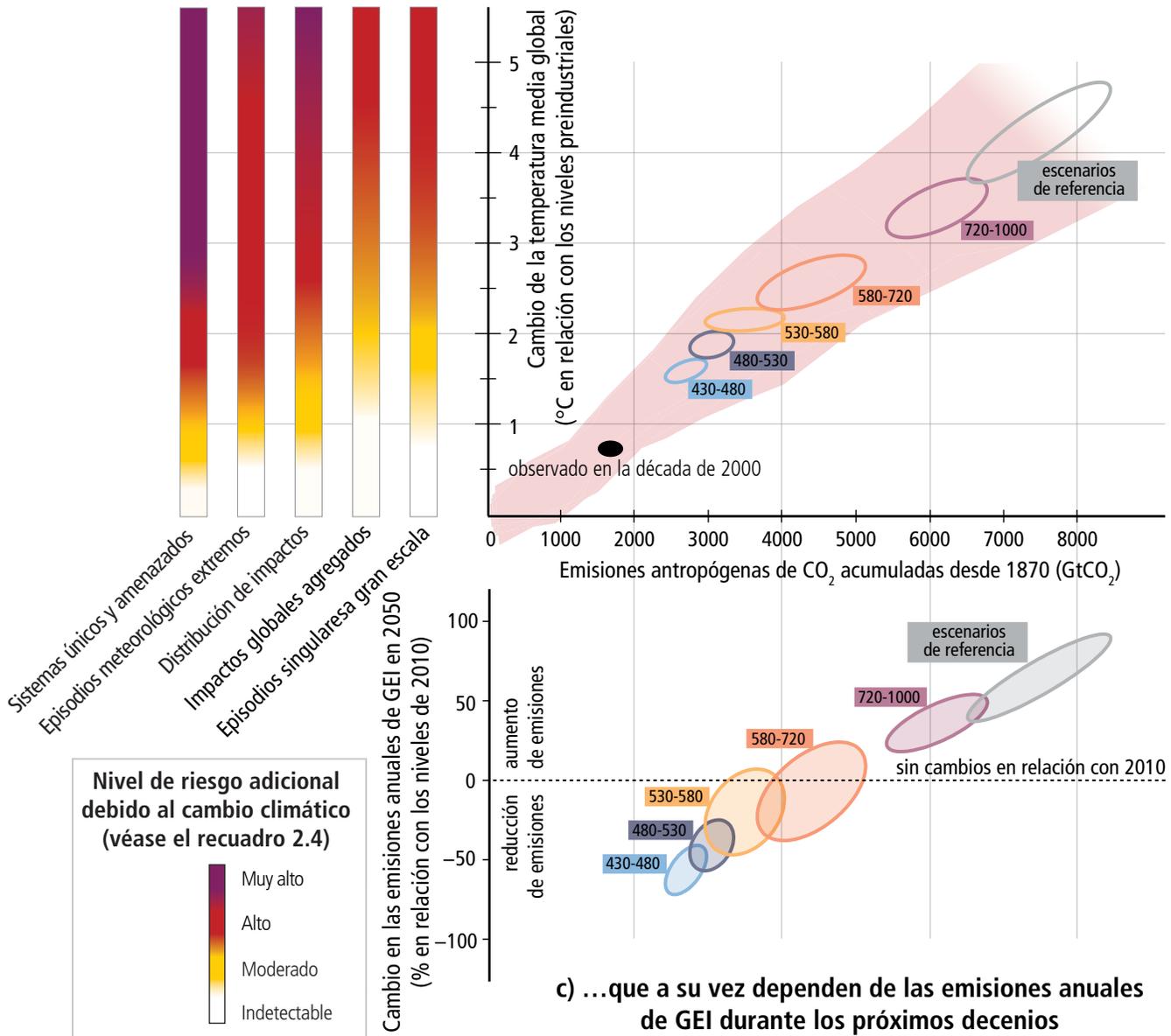
## 3.2 Riesgos del cambio climático reducidos mediante la adaptación y la mitigación

**Sin nuevos esfuerzos de mitigación al margen de los que existen en la actualidad, e incluso llevando a cabo una labor de adaptación, a finales del siglo XXI el calentamiento provocará un riesgo alto a muy alto de impactos graves, generalizados e irreversibles a nivel mundial (*nivel de confianza alto*). La mitigación implica cierto nivel de cobeneficios y riesgos debido a los efectos colaterales adversos, pero dichos riesgos no entrañan la misma posibilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles que los riesgos del cambio climático, lo que hace que aumenten los beneficios de los esfuerzos de mitigación a corto plazo.**

**Los riesgos del cambio climático, la adaptación y la mitigación difieren en cuanto a su carácter, escala temporal, magnitud y persistencia (*nivel de confianza alto*).** Entre los riesgos derivados de la adaptación cabe citar la adaptación incorrecta y los impactos secundarios negativos. Entre los riesgos de la mitigación cabe destacar los posibles efectos colaterales adversos por la implantación a gran escala de alternativas tecnológicas con bajas emisiones de carbono y costos económicos. Los riesgos del cambio climático pueden durar milenios y entrañar un riesgo muy alto de impactos graves, así como la presencia de irreversibilidades notables unidas a una limitada capacidad de adaptación. En cambio, la rigurosidad de las políticas climáticas puede ajustarse con mucha más rapidez como respuesta a las consecuencias y los costos observados, y generar un menor riesgo de consecuencias irreversibles (3.3, 3.4, 4.3). {GTI RRP E.8, 12.4, 12.5.2, 13.5, GTII 4.2, 17.2, 19.6, GTIII RT.3.1.4, cuadro RT.4, cuadro RT.5, cuadro RT.6, cuadro RT.7, cuadro RT.8, 2.5, 6.6}

**La mitigación y la adaptación son enfoques complementarios para reducir los riesgos de los impactos del cambio climático. Interactúan entre sí y reducen los riesgos a lo largo de distintas escalas temporales (*nivel de confianza alto*).** Los beneficios de la adaptación ya se pueden concretar al abordarse los riesgos actuales y pueden obtenerse en el futuro si se abordan los riesgos en gestación. La adaptación tiene capacidad potencial para reducir los impactos del cambio climático durante los próximos decenios, mientras que la mitigación apenas influye en los resultados climáticos correspondientes a esa escala temporal. La mitigación y la adaptación a corto y largo plazo, así como las trayectorias de desarrollo, determinarán los riesgos del cambio climático después de mediados de siglo. La capacidad potencial de adaptación difiere entre los distintos sectores y estará condicionada por los escollos institucionales y las limitaciones de recursos, lo que aumenta los beneficios a largo plazo de la mitigación

a) Los riesgos del cambio climático... b) ...dependen de las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub>...



**Figura 3.1** | Relación entre los riesgos del cambio climático, el cambio de temperatura, las emisiones acumuladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para 2050. La contención de los riesgos asociados a todos los motivos de preocupación (a) implicaría limitar las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> (b), lo que restringiría las emisiones anuales durante los próximos decenios (c). En el gráfico (a) se reproducen los cinco motivos de preocupación (recuadro 2.4). En el gráfico (b) se vinculan los cambios de temperatura a las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> (en GtCO<sub>2</sub>), desde 1870. Se basan en simulaciones de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) (penacho rosa) y en un modelo climático sencillo (promedio de la respuesta climática en 2100) para los niveles de referencia y cinco categorías de escenarios de mitigación (seis elipses). En la figura 2.3 se proporciona más información. En el gráfico (c) figura la relación entre las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> (en GtCO<sub>2</sub>) de las categorías de escenarios y el cambio resultante en las emisiones anuales de GEI para 2050, expresado en forma de variación porcentual (en porcentaje de GtCO<sub>2</sub>-equivalente por año) con respecto al año 2010. Las elipses corresponden a las mismas categorías de escenarios que figuran en el gráfico (b) y se elaboran mediante un método similar (véase más información en la figura 2.3)

(nivel de confianza alto). El nivel de mitigación influirá en el ritmo y la magnitud del cambio climático, y cuanto mayor sea su ritmo y magnitud, más aumentarán las probabilidades de que se superen los límites de la adaptación (nivel de confianza alto) (3.3). {GTI 11.3, 12.4, GTII RRP A-3, RRP B-2, RRP C-2, 1.1.4.4, 2.5, 16.3-16.6, 17.3, 19.2, 20.2.3, 20.3, 20.6}

Sin nuevos esfuerzos de mitigación al margen de los que existen en la actualidad, e incluso llevando a cabo una labor de adaptación, a finales del siglo XXI el calentamiento provocará

un riesgo alto a muy alto de impactos graves, generalizados e irreversibles a nivel mundial (nivel de confianza alto) (tema 2 y figura 3.1a). Las estimaciones de calentamiento para 2100 si no se emprenden nuevos esfuerzos de mitigación climática comprenden un aumento de 3,7 °C a 4,8 °C en comparación con los niveles preindustriales (promedio de la respuesta climática); el rango es de 2,5 °C a 7,8 °C cuando se utiliza el intervalo entre los percentiles 5 y 95 del promedio de la respuesta climática (figura 3.1). Los riesgos asociados a un ascenso de 4 °C o más de las temperaturas conllevan impactos graves y generalizados en sistemas únicos y amenazados, importantes

extinciones de especies, enormes riesgos para la seguridad alimentaria mundial y regional, la aparición de limitaciones para actividades humanas normales, el aumento de la probabilidad de que se alcancen puntos o umbrales críticos y una capacidad potencial limitada para la adaptación en algunos casos (*nivel de confianza alto*). Varios riesgos asociados al cambio climático, como los riesgos para sistemas únicos y amenazados y los riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos, presentan un carácter moderado a alto a temperaturas entre 1 °C y 2 °C por encima de los niveles preindustriales. {GTII RRP B-1, RRP C-2, GTIII RRP.3}

**Si se recortan drásticamente las emisiones de GEI durante los próximos decenios se pueden reducir notablemente los riesgos que entraña el cambio climático al limitarse el calentamiento en la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente (*nivel de confianza alto*).** El calentamiento medio global en superficie está determinado principalmente por las emisiones acumuladas que, a su vez, están vinculadas a las emisiones durante las distintas escalas temporales (figura 3.1.). La disminución de los riesgos asociados a todos los motivos de preocupación implicaría limitar las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub>. Dicho límite implicaría que las emisiones netas mundiales de CO<sub>2</sub> se redujeran hasta su desaparición (figura 3.1a,b) (*nivel de confianza alto*). Para reducir los riesgos que entraña el cambio climático mediante la mitigación se requerirían recortes drásticos de las emisiones de GEI durante los próximos decenios (figura 3.1c). Sin embargo, algunos riesgos que llevan aparejados daños residuales son inevitables, incluso con mitigación y adaptación (*nivel de confianza muy alto*). Se ha estimado un subconjunto de riesgos del cambio climático de interés mediante indicadores económicos agregados. Dichas estimaciones económicas presentan limitaciones importantes y, por

consecuente, aunque son útiles, son insuficientes como base para tomar decisiones sobre los objetivos de mitigación a largo plazo (véase el recuadro 3.1). {GTII 19.7.1, GTIII RRP.3, figura 3.1}

**La mitigación lleva aparejada cierto nivel de cobeneficios y riesgos, pero esos riesgos no entrañan la misma posibilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles que los riesgos del cambio climático (*nivel de confianza alto*).** Los escenarios en los que es *probable* que se limite el calentamiento por debajo de los 2 °C o, incluso, de los 3 °C en comparación con las temperaturas preindustriales implican cambios a gran escala en los sistemas energéticos y posiblemente en el uso del suelo durante los próximos decenios (3.4). Entre los riesgos resultantes se incluyen aquellos asociados a la implantación a gran escala de alternativas tecnológicas para producir energía con bajas emisiones de carbono, la posibilidad de que los costos económicos agregados de la mitigación sean elevados, e impactos en los países y sectores vulnerables. Existen otros riesgos y cobeneficios asociados a la salud humana, la seguridad alimentaria, la seguridad energética, la reducción de la pobreza, la conservación de la biodiversidad, la disponibilidad de agua, la distribución de los ingresos, la eficiencia del sistema tributario, la oferta de mano de obra y el empleo, la expansión urbana, los ingresos obtenidos de la exportación de combustibles fósiles y el crecimiento económico de los países en desarrollo (cuadro 4.5). {GTIII RRP.4.1, RRP.4.2, RT.3.1.4, cuadro RT.4, cuadro RT.5, cuadro RT.6, cuadro RT.7, cuadro RT.8, 6.6}

**La inercia en los sistemas económicos y climáticos y la posibilidad de que se produzcan impactos irreversibles derivados del cambio climático aumentan los beneficios de los esfuerzos de mitigación a corto plazo (*nivel de confianza alto*).** Las medi-

### Recuadro 3.1 | Límites de la evaluación económica de los riesgos del cambio climático

Se suele medir un subconjunto de riesgos e impactos del cambio climático mediante indicadores económicos agregados, como el producto interno bruto (PIB) o los ingresos agregados. Las estimaciones, no obstante, son parciales y en ellos influyen importantes limitaciones conceptuales y empíricas. Estas estimaciones incompletas de las pérdidas económicas anuales mundiales en relación con los aumentos de temperatura de ~2,5 °C por encima de los niveles preindustriales se encuentran entre el 0,2% y el 2,0% de los ingresos (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Es *más probable que improbable* que las pérdidas sean mayores, y no menores, que las correspondientes a ese rango (*evidencia limitada, nivel de acuerdo alto*). Las estimaciones del impacto económico agregado gradual de emitir una tonelada de dióxido de carbono más (el costo social del carbono) se obtienen a partir de esos estudios y comprenden entre unos dólares y varios cientos de dólares por tonelada de carbono entre 2000 y 2015 (*evidencia sólida, nivel de acuerdo medio*). Las estimaciones en relación con el impacto son incompletas y dependen de un gran número de supuestos, muchos de los cuales son cuestionables. Numerosas estimaciones no toman en consideración la posibilidad de que se produzcan episodios singulares a gran escala e irreversibilidades, puntos críticos y otros factores importantes, especialmente aquellos que resulta difícil monetizar, como la pérdida de biodiversidad. Las estimaciones de los costos agregados ocultan diferencias notables en los impactos entre sectores, regiones, países y comunidades, y por tanto dependen de consideraciones éticas, particularmente sobre la suma de las pérdidas entre los países y dentro de ellos (*nivel de confianza alto*). Solo existen estimaciones de pérdidas económicas agregadas a nivel mundial para determinados niveles de calentamiento. Estos niveles se sobrepasan en distintos escenarios correspondientes al siglo XXI, salvo si se ejecutan medidas de mitigación, que implicarían costos económicos adicionales. Los efectos económicos totales a los distintos niveles de temperaturas comprenderían costos de mitigación, cobeneficios de la mitigación, efectos colaterales adversos de la mitigación, costos de adaptación y daños climáticos. Como consecuencia, las estimaciones de los costos de la mitigación y las estimaciones de daños climáticos a cualquier nivel de temperaturas no se pueden comparar para evaluar los costos y beneficios de la mitigación. Apenas hay información sobre el costo económico del calentamiento por encima de los 3 °C en relación con el nivel actual de temperaturas. Para una estimación precisa de los riesgos del cambio climático (y, por tanto, de los beneficios de la mitigación) se tiene en cuenta toda la gama de impactos posibles del cambio climático, incluidos aquellos con consecuencias desproporcionadas pero con pocas posibilidades de producirse. De otra forma, los beneficios de la mitigación se subestimarían (*nivel de confianza alto*). Hay varias limitaciones inevitables asociadas a las estimaciones actuales, incluso aunque se disponga de más conocimientos, como los problemas relacionados con la suma de impactos en el tiempo y entre las personas cuando los valores son heterogéneos. Habida cuenta de estas limitaciones, queda fuera del ámbito científico determinar el mejor objetivo de cambio climático y la mejor política climática (3.1, 3.4). {GTII RRP B-2, 10.9.2, 10.9.4, 13.2, 17.2-17.3, 18.4, 19.6, GTIII 3.6}

das adoptadas hoy afectan a las alternativas disponibles en el futuro para reducir emisiones, limitar el cambio de temperatura y adaptarse al cambio climático. Las decisiones a corto plazo pueden crear, ampliar o limitar elementos condicionantes de importancia para la toma de decisiones. En el sistema climático se dan condicionantes e irreversibilidades debido a la amplia inercia que se observa en varios de sus componentes, como la transferencia de calor desde la superficie hasta el fondo de los océanos que conlleva el calentamiento continuo de los océanos durante siglos, independientemente del escenario de emisiones, y la irreversibilidad de gran parte del cambio climático antropógeno resultante de las emisiones de CO<sub>2</sub> en una escala temporal multiseccular a milenaria, a no ser que se elimine el CO<sub>2</sub> de la atmósfera mediante intervenciones humana a gran escala durante un período prolongado (véase asimismo el recuadro 3.3). Las irreversibilidades en los sistemas socioeconómicos y biológicos también se derivan del desarrollo de infraestructura y productos de larga duración y de los impactos del cambio climático, como la extinción de especies. La mayor capacidad potencial de generar irreversibilidades e impactos generalizados que presentan los riesgos del cambio climático en comparación con los riesgos que entraña la mitigación aumenta el beneficio a corto plazo de los esfuerzos de mitigación. Las demoras en la mitigación adicional o los obstáculos a determinadas alternativas tecnológicas limitan las opciones de mitigación y aumentan los costos de mitigación a largo plazo, así como otros riesgos en los que se incurriría a medio o largo plazo para mantener los impactos del cambio climático a un nivel determinado (cuadro GTIII RRP.2, segmento azul). {GTI RRP E-8, GTII RRP B-2, 2.1, 19.7, 20.3, recuadro 20-4, GTIII RRP.4.1, RRP.4.2.1, 3.6, 6.4, 6.6, 6.9}

### 3.3 Características de las trayectorias de adaptación

La adaptación puede hacer que los riesgos de impactos del cambio climático disminuyan, pero su eficacia es limitada, especialmente para las mayores magnitudes y ritmos del cambio climático. Desde una perspectiva a largo plazo, y en el contexto del desarrollo sostenible, la probabilidad de que la adopción de más medidas inmediatas de adaptación redunde también en mejores opciones y preparación en el futuro es mayor.

La adaptación puede contribuir al bienestar de las poblaciones actuales y futuras, la seguridad de los activos y el mantenimiento de los bienes, las funciones y los servicios ecosistémicos actuales y futuros. La adaptación es específica por lo que se refiere al 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 vulnerabilidad y la exposición y sus relaciones con los procesos socioeconómicos, el desarrollo sostenible y el cambio climático. La investigación en materia de adaptación desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (IE4) ha evolucionado desde una consideración predominante de las trayectorias de adaptación por medios ingenieros y tecnológicos hasta la inclusión de medidas institucionales y sociales que se basan en mayor

medida en los ecosistemas. El interés que había en el pasado por el análisis costo-beneficio, la optimización y los enfoques de eficiencia se ha ampliado gracias al desarrollo de evaluaciones con distintas métricas que incluyen dimensiones de riesgos e incertidumbres integradas en marcos de políticas y éticos más amplios para analizar las contrapartidas y los obstáculos. La gama de medidas específicas de adaptación también se ha ampliado (4.2, 4.4.2.1), del mismo modo que las relaciones con el desarrollo sostenible (3.5). Existen numerosos estudios sobre los costos y los beneficios de la adaptación de índole local y sectorial, pero hay pocos análisis globales y sus resultados se caracterizan por un *nivel de confianza muy bajo*. {GTII RRP C-1, cuadro RRP.1, 14.1, 14.ES, 15.2, 15.5, 17.2, 17.ES}

**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 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 existentes. Integrar dichas formas de conocimiento en las prácticas aumenta la eficacia de la adaptación, así como el apoyo eficaz a las decisiones, el compromiso y los procesos de políticas (4.4.2). {GTII RRP C-1}

**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 marcos de información, de políticas y jurídicos, y 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 en la gestión de la financiación y la información en el relación con el riesgo (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {GTII RRP C-1}

**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*), pero algunas respuestas a corto plazo al cambio climático pueden limitar asimismo las decisiones futuras.** La integración de la adaptación en la planificación, inclusión hecha del diseño de políticas, y la toma de decisiones puede promover sinergias con el desarrollo y la reducción de los riesgos de desastre. No obstante, una deficiente planificación o realización, que haga excesivo hincapié en los resultados a corto plazo o no anticipe adecuadamente las consecuencias, puede tener como consecuencia una adaptación incorrecta, lo que aumentaría la vulnerabilidad o exposición del grupo objetivo en el futuro o la vulnerabilidad de otros grupos de población, lugares o sectores (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Por ejemplo, una mejor protección de los activos expuestos puede condicionar la dependencia en otras medidas de protección. Se puede mejorar la evaluación de las opciones de adaptación

apropiadas mediante la inclusión de cobeneficios y consecuencias de la mitigación (3.5 y 4.2). {GTII RRP C-1}

**La planificación y la realización de la adaptación se puede ver obstaculizada por numerosas limitaciones que interactúan entre sí (nivel de confianza alto).** Las limitaciones comunes a la realización se derivan de los siguientes factores: escasos recursos financieros y humanos; integración o coordinación limitada 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. Otras limitaciones son la insuficiente investigación, vigilancia y observación y la insuficiencia de financiación y recursos para su mantenimiento. Subestimar la complejidad de la adaptación como proceso social puede crear expectativas irreales sobre el logro de los resultados de adaptación perseguidos (véanse las secciones 4.1 y 4.2 para más información con respecto a la realización). {GTII RRP C-1}

**Cuanto mayor sea el ritmo y la magnitud del cambio climático, más aumentan las probabilidades de que se superen los límites de la adaptación (nivel de confianza alto).** La adaptación llega a su límite cuando no es posible aplicar medidas de adaptación destinadas a evitar riesgos intolerables para los objetivos de un agente o las necesidades de un sistema, o no están disponibles en ese momento. 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 o socioeconómicas. Las oportunidades para aprovechar las sinergias positivas entre la adaptación y la mitigación pueden reducirse con el tiempo, especialmente si se sobrepasan los límites de la adaptación. Hay partes del planeta donde la insuficiencia de respuestas ante los nuevos impactos ya está socavando la base del desarrollo sostenible. En la mayoría de las regiones y los sectores, los datos empíricos no son suficientes para cuantificar las magnitudes del cambio climático que constituirían un límite de la adaptación en el futuro. Asimismo, el desarrollo económico, la tecnología y las normas y valores culturales pueden cambiar con el tiempo a fin de mejorar o reducir la capacidad de los sistemas para evitar límites. Como consecuencia, algunos límites son “flexibles” en cuanto a que pueden relajarse con el paso del tiempo. Otros límites son “estrictos” en cuanto a que no hay perspectivas razonables de evitar riesgos intolerables. {GTII RRP C-2, RT}

**Las transformaciones en las decisiones y medidas de orden económico, social, tecnológico y político pueden mejorar la adaptación y promover el desarrollo sostenible (nivel de confianza alto).** Restringir las respuestas de adaptación a cambios graduales en los sistemas y estructuras existentes sin tomar en consideración el cambio transformacional puede provocar un aumento de los costos y las pérdidas y el desperdicio de oportunidades. Por ejemplo, reforzar la infraestructura para proteger otros activos de la construcción puede resultar caro y no compensar a la larga el aumento de los costos y riesgos, mientras que otras alternativas, como la relocalización o el uso de servicios ecosistémicos para la adaptación, puede brindar una serie de beneficios en la actualidad y el futuro. La adaptación transformacional puede incluir la introducción de nuevas tecnologías o prácticas, la formación de nuevas estructuras financieras o sistemas de gobernanza, la adaptación a mayores escalas o magnitudes y variaciones en la ubicación de las actividades. La planificación y la realización de la adaptación transformacional pueden reflejar paradigmas reforzados, modificados o armonizados y, por

consecuente, pueden exigir nuevas y mayores demandas a las estructuras de gobernanza al objeto de conciliar distintos objetivos y visiones para el futuro y de abordar posibles consecuencias en materia de equidad y ética: las trayectorias de adaptación transformacional se promueven mediante el aprendizaje iterativo, los procesos deliberativos y la innovación. A nivel nacional, se considera que la transformación es más eficaz si refleja las visiones y enfoques propios de un país para lograr el desarrollo sostenible conforme a sus circunstancias y prioridades nacionales. {GTII RRP C-2, 1.1, 2.5, 5.5, 8.4, 14.1, 14.3, 16.2-7, 20.3.3, 20.5, 25.10, cuadro 14-4, cuadro 16-3, recuadro 16.1, recuadro 16.4, recuadro 25.1}

**Es fundamental fortalecer la capacidad de adaptación para la selección y la realización eficaces de las opciones de adaptación (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** Para el éxito de la adaptación no solo es necesario determinar las opciones de adaptación y analizar sus costos y beneficios, sino también aumentar la capacidad de adaptación de los sistemas humanos y naturales (evidencia media, nivel de acuerdo alto). Esto puede entrañar complejos retos en materia de gobernanza y nuevas instituciones y acuerdos institucionales. (4.2) {GTII 8.1, 12.3, 14.1-3, 16.2, 16.3, 16.5, 16.8}

**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 escasas 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 gracias a 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. {GTII RRP C-1}

### 3.4 Características de las trayectorias de mitigación

Hay muchas trayectorias de mitigación que es probable que limiten el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Esas trayectorias requerirían reducciones notables de las emisiones durante los próximos decenios y emisiones próximas a cero de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero de larga vida para finales de siglo. La realización de dichas reducciones plantea retos tecnológicos, económicos, sociales e institucionales de consideración, que aumentan con los retrasos en la mitigación adicional y si no están disponibles las tecnologías esenciales. Limitar el calentamiento a niveles más bajos o más altos conlleva retos similares pero en distintas escalas temporales.

Si no se realizan esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI aparte de los ya desplegados actualmente, se prevé que persistirá el crecimiento de las emisiones impulsado por el crecimiento de la población mundial y las actividades económicas (*nivel de confianza alto*) (figura 3.2). Las emisiones mundiales de GEI en la mayoría de los escenarios sin mitigación adicional (escenarios de referencia) comprenden entre 75 GtCO<sub>2</sub>-eq/año y casi 140 GtCO<sub>2</sub>-eq/año en 2100,<sup>35</sup> niveles de emisiones que se encuentran aproximadamente entre los niveles para 2100 de las trayectorias RCP6,0 y RCP8,5 (figura 3.2)<sup>36</sup>. En los escenarios de referencia se superan las 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2030 y se alcanzan niveles de concentración de CO<sub>2</sub>-eq entre 750 ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente, y más de 1 300 ppm CO<sub>2</sub>-eq para 2100. Los aumentos en la temperatura media global en superficie en 2100 abarcan desde 3,7 °C hasta 4,8 °C por encima del promedio de 1850-1900 para la respuesta climática media. El rango es de 2,5 °C a 7,8 °C cuando está comprendida la incertidumbre climática (intervalo comprendido entre los percentiles 5 y 95)<sup>37</sup>. Los escenarios futuros no tienen en cuenta los posibles cambios en los forzamientos naturales en el sistema climático (véase el recuadro 1.1). {GTIII RRP.3, RRP.4.1, RT.2.2, RT.3.1, 6.3, recuadro RT.6}

Se pueden utilizar muchas combinaciones diferentes de opciones tecnológicas, de comportamiento y de políticas para reducir las emisiones y limitar el cambio de temperatura (*nivel de confianza alto*). Para evaluar posibles trayectorias para los objetivos climáticos a largo plazo, se recopilaron alrededor de 900 escenarios de mitigación para esta evaluación, cada uno de los cuales describe distintos cambios tecnológicos, socioeconómicos e institucionales. Las reducciones de emisiones en estos escenarios dan lugar a concentraciones en 2100 de entre 430 ppm CO<sub>2</sub>-eq y más de 720 ppm CO<sub>2</sub>-eq cifras comparables con los niveles de forzamiento para 2100 entre la RCP2,6 y la RCP6,0. También se analizaron escenarios con niveles de concentración por debajo de 430 ppm CO<sub>2</sub>-eq para 2100. {GTIII RRP.4.1, RT.3.1, 6.1, 6.2, 6.3, anexo II}

Es probable que los escenarios que dan lugar a concentraciones de CO<sub>2</sub>-eq en 2100 de aproximadamente 450 ppm o inferiores mantengan el calentamiento por debajo de los 2 °C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales (*nivel de*

*confianza alto*). En los escenarios de mitigación en los que se alcanzan niveles de concentración de 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente, en 2100 es *más probable que improbable* que el cambio de temperatura sea inferior a 2 °C en relación con los niveles preindustriales, salvo que temporalmente se sobrepasen niveles de concentración de 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente, antes de 2100. En ese caso, es *tan probable como improbable* que el calentamiento permanezca por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Es *improbable* que los escenarios en que se superen aproximadamente las 650 ppm CO<sub>2</sub>-eq para 2100 limiten el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales. Los escenarios de mitigación en los que es *más probable que improbable* que el calentamiento sea inferior a 1,5 °C en relación con los niveles preindustriales para 2100 se caracterizan por niveles de concentración en 2100 inferiores a 430 ppm CO<sub>2</sub>-eq. En dichos escenarios, la temperatura llega a su punto máximo a lo largo del siglo y posteriormente desciende (cuadro 3.1). {GTIII RRP.4.1, cuadro RRP.1, RT.3.1, recuadro RT.6, 6.3}

Los escenarios de mitigación que alcanzan en torno a 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 (coherente con una posibilidad *probable* de mantener el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales) normalmente conllevan sobrepasos temporales<sup>38</sup> de las concentraciones atmosféricas, al igual que ocurre con muchos escenarios en los que se alcanzan entre 500 y 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente, en 2100 (cuadro 3.1). En función del nivel de sobrepaso, los escenarios de sobrepaso suelen depender de la disponibilidad y la implantación generalizada de bioenergía con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) y de forestación en la segunda mitad del siglo (*nivel de confianza alto*). La disponibilidad y la escala de estas y otras tecnologías y métodos de remoción de dióxido de carbono son inciertas y estos métodos y tecnologías están, en diversa medida, asociados con desafíos y riesgos (véase el recuadro 3.3)<sup>39</sup>. La remoción de dióxido de carbono también es dominante en muchos escenarios en los que no se sobrepasan los niveles de concentración para compensar las emisiones residuales procedentes de sectores donde la mitigación es más onerosa. {GTIII RRP.4.1, cuadro RRP.1, RT.3.1, 6.3, 6.9.1, figura 6.7, 7.11, 11.13}

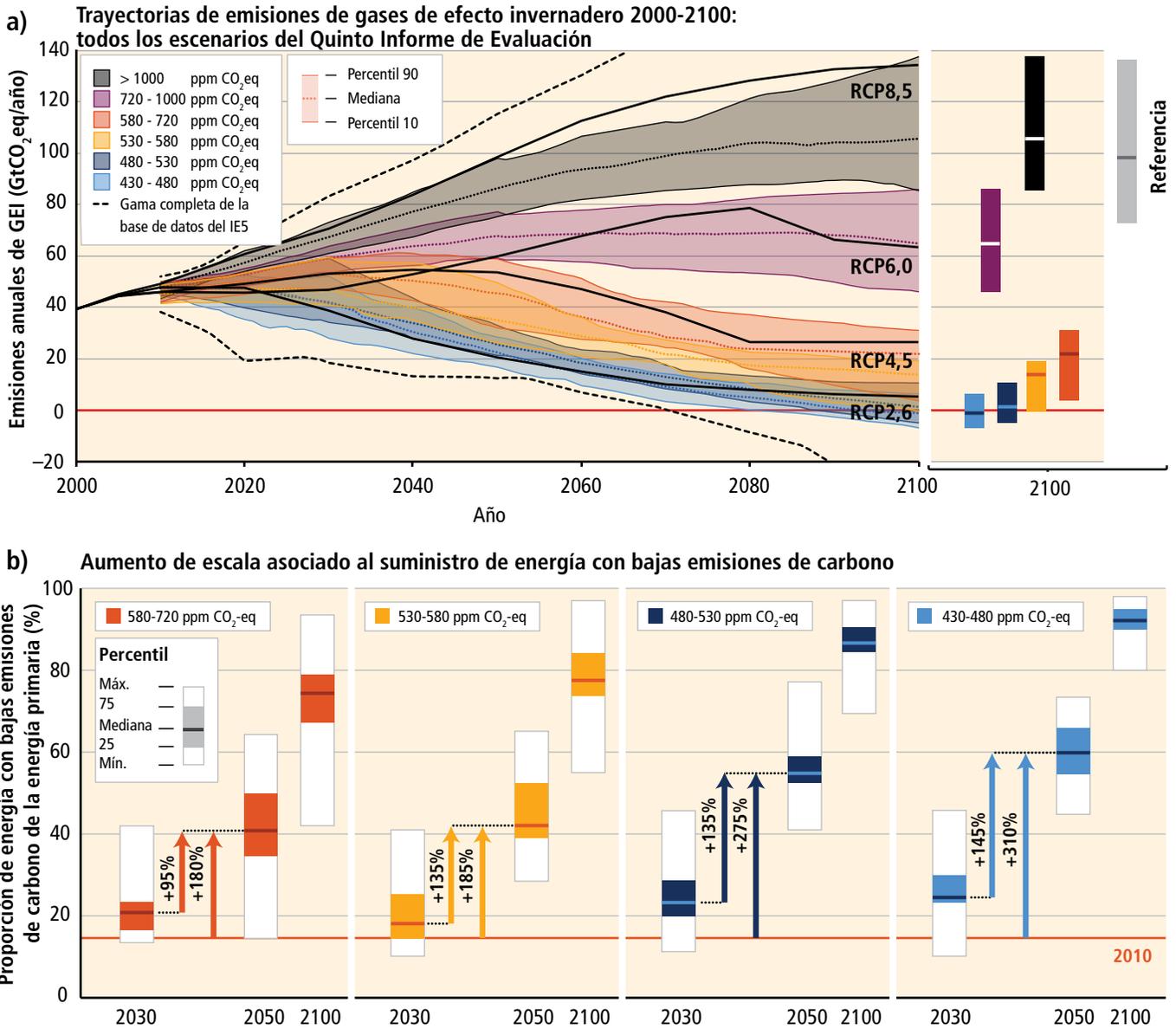
<sup>35</sup> Salvo que se indique lo contrario, los rangos de los escenarios citados en los temas 3 y 4 se refieren a los intervalos comprendidos entre los percentiles 10 y 90 (véase el cuadro 3.1).

<sup>36</sup> Para consultar un análisis sobre las concentraciones y emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente, véanse el recuadro 3.2 sobre las métricas y las trayectorias de mitigación de los GEI y el glosario.

<sup>37</sup> El rango citado aquí se basa en los resultados de calentamiento de un modelo climático sencillo para las emisiones de 300 escenarios de referencia, aproximadamente, expresados en comparación con el período 1850-1900. Los resultados del calentamiento citados en la sección 2.2 se obtienen mediante la prescripción de futuras concentraciones de GEI en los Modelos del sistema Tierra de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5). El resultado es un calentamiento promedio de 1,0 °C (intervalo comprendido entre los percentiles 5 y 95: 0,3 °C a 1,7 °C) para la RCP2,6, y un calentamiento promedio de 3,7 °C (2,6 °C a 4,8 °C) para la RCP8,5 en relación con el período 1986-2005. Para los experimentos determinados por la misma concentración, el enfoque del modelo climático sencillo brinda resultados coherentes. El calentamiento promedio es de 0,9 °C (0,5 °C a 1,6 °C) para la RCP2,6 y de 3,7 °C (2,5 °C a 5,9 °C) para la RCP8,5 en relación con el período 1986-2005. No obstante, el extremo superior del rango de Modelos del sistema Tierra de la CMIP5 es más limitado. Asimismo, el aumento de la temperatura de referencia citado aquí es mayor que el de los experimentos de la RCP8,5 determinados por la misma concentración que se mencionaron anteriormente, dado que se basa en un conjunto más amplio de escenarios, incluye la incertidumbre de la respuesta del ciclo del carbono y utiliza un año de referencia distinto (2.2, 3.4).

<sup>38</sup> En escenarios en los que se sobrepasan las concentraciones, estas llegan a su punto máximo a lo largo del siglo y posteriormente descienden.

<sup>39</sup> Los métodos de remoción de dióxido de carbono presentan limitaciones biogeoquímicas y tecnológicas para el aprovechamiento de todo su potencial a escala global. No se dispone de suficientes conocimientos para cuantificar la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que se podrían compensar parcialmente con los métodos de remoción en una escala secular. Los métodos de remoción pueden tener efectos adversos y consecuencias a largo plazo a escala global.



**Figura 3.2 |** Emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO<sub>2</sub>-equivalente por año, GtCO<sub>2</sub>-equivalente/año) en los escenarios de referencia y de mitigación para distintos niveles de concentración a largo plazo (a) y asociadas a requisitos de ampliación de escala del suministro energético que emite bajos niveles de carbono (% de energía primaria) para 2030, 2050 y 2100, en comparación con los niveles de 2010, en escenarios de mitigación (b). [GTIII RRP.4, figura 6.7, figura 7.16] [Nota: Las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente incluyen el conjunto de los gases enumerados en el protocolo de Kyoto (el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los gases fluorados) calculadas según valores de potencial de calentamiento global (PCG) a 100 años (PCG<sub>100</sub>) obtenidos del Segundo Informe de Evaluación del IPCC.]

Para limitar el calentamiento a fin de que sea *probable* mantenerlo por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales se necesitarían reducciones notables de las emisiones antropógenas de GEI<sup>40</sup> para mediados de siglo mediante cambios a gran escala en los sistemas energéticos y posiblemente en el uso del suelo. A fin de limitar el calentamiento a niveles superiores se requerirían cambios similares pero con

menor rapidez. Para limitar el calentamiento a niveles inferiores se requeriría que estos cambios se introdujeran con mayor rapidez (*nivel de confianza alto*). Los escenarios en que es *probable* mantener el calentamiento por debajo de los 2 °C se caracterizan por una reducción de las emisiones de GEI entre el 40% y el 70% para 2050 en relación con los niveles de 2010, y niveles de emisiones próximos a cero o inferiores en 2100 (figura 3.2, cuadro 3.1). Los escenarios

<sup>40</sup> Dicho rango difiere del facilitado para una categoría de concentraciones similares en el IE4 (reducción de entre el 50% y el 85% en relación con 2000 solo para el CO<sub>2</sub>). Entre las razones que justifican esta diferencia cabe señalar que en el presente informe se ha analizado un número de escenarios considerablemente mayor que en el IE4 y que se tienen en cuenta todos los GEI. Asimismo, gran parte de los nuevos escenarios incluyen tecnologías de remoción de dióxido de carbono. Otros factores son el uso de niveles de concentración para 2100 en lugar de niveles de estabilización y la modificación del año de referencia, que pasa a ser 2010 en lugar de 2000. Los escenarios con un mayor nivel de emisiones en 2050 se caracterizan por una gran dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono después de mediados de siglo.

**Cuadro 3.1** | Principales características de los escenarios recopilados y analizados por el GTIII IE5. Se muestra el intervalo entre los percentiles 10 y 90 de los escenarios para todos los parámetros<sup>a</sup>.

Concentraciones de CO <sub>2</sub> -eq en 2100 (ppm CO <sub>2</sub> -eq) <sup>f</sup> Categoría (rango de concentraciones)	Subcategorías	Posición relativa de las RCP <sup>d</sup>	Cambio en las emisiones de CO <sub>2</sub> -eq en comparación con 2010 (en %) <sup>c</sup>		Probabilidad de que no se supere un nivel de temperatura específico a lo largo del siglo XXI (en relación con 1850-1900) <sup>d,e</sup>			
			2050	2100	1,5 °C	2 °C	3 °C	4 °C
<430	Los niveles por debajo de las 430 ppm CO <sub>2</sub> -eq solo se han analizado en un escaso número de estudios de modelos <sup>i</sup>							
450 (430 a 480)	Rango total <sup>a,g</sup>	RCP2,6	-72 a -41	-118 a -78	Más improbable que probable	Probable	Probable	Probable
500 (480 a 530)	Sin sobrepaso de 530 ppm CO <sub>2</sub> -eq	RCP4,5	-57 a -42	-107 a -73	Improbable	Más probable que improbable		
	Sobrepaso de 530 ppm CO <sub>2</sub> -eq		-55 a -25	-114 a -90		Tan probable como improbable		
550 (530 a 580)	Sin sobrepaso de 580 ppm CO <sub>2</sub> -eq		-47 a -19	-81 a -59		Más improbable que probable <sup>i</sup>		
	Sobrepaso de 580 ppm CO <sub>2</sub> -eq		-16 a 7	-183 a -86				
(580 a 650)	Rango total	RCP4,5	-38 a 24	-134 a -50	Improbable	Más probable que improbable		
(650 a 720)	Rango total		-11 a 17	-54 a -21		Más improbable que probable		
(720 a 1000) <sup>b</sup>	Rango total	RCP6,0	18 a 54	-7 a 72	Improbable <sup>h</sup>	Improbable	Más improbable que probable	
>1000 <sup>b</sup>	Rango total	RCP8,5	52 a 95	74 a 178		Improbable <sup>h</sup>	Improbable	Más improbable que probable

## Notas:

<sup>a</sup> El "rango total" para los escenarios de concentraciones de 430 a 480 ppm CO<sub>2</sub>-eq corresponde al intervalo comprendido entre los percentiles 10 y 90 de la subcategoría de esos escenarios que figura en el cuadro 6.3 del informe del Grupo de trabajo III.

<sup>b</sup> Los escenarios de referencia se enmarcan en las categorías de más de 1 000 ppm CO<sub>2</sub>-eq y de entre 720 y 1 000 ppm CO<sub>2</sub>-eq. Esta segunda categoría incluye asimismo escenarios de mitigación. Los escenarios de referencia de dicha categoría alcanzan un cambio de temperatura en 2100 de 2,5-5,8 °C por encima del nivel del período 1850-1900. Junto con los escenarios de referencia en la categoría de >1 000 ppm CO<sub>2</sub>-eq, esto da lugar a un rango de temperaturas en 2100 de 2,5-7,8 °C (rango basado en el promedio de la respuesta climática: 3,7-4,8 °C) para los escenarios de referencia de todas las categorías de concentraciones.

<sup>c</sup> Las emisiones mundiales de 2010 superan en un 31% a las de 1990 (cifra congruente con las estimaciones de las emisiones históricas de GEI presentadas en el presente informe). Las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente incluyen el conjunto de los gases enumerados en el Protocolo de Kyoto (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y gases fluorados).

<sup>d</sup> Aquí la evaluación comprende un elevado número de escenarios publicados en la literatura científica y por tanto no se limita a las trayectorias de concentración representativas (RCP). Para evaluar la concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente y las consecuencias climáticas de estos escenarios, se utilizó el Modelo de evaluación del cambio climático causado por los GEI (MAGICC) en modo probabilístico. Para consultar una comparación entre los resultados del modelo MAGICC y los resultados de los modelos utilizados por el Grupo de trabajo I, véase GTI 12.4.1.2, 12.4.8 y GTIII 6.3.2.6.

<sup>e</sup> La evaluación en este cuadro se basa en las probabilidades calculadas para el conjunto completo de escenarios contemplados por el Grupo de trabajo III utilizando el modelo MAGICC y la evaluación del Grupo de trabajo I de la incertidumbre de las proyecciones de la temperatura no abarcadas por los modelos climáticos. Por consiguiente, las afirmaciones son coherentes con las del Grupo de trabajo I, que están basadas en las ejecuciones CMIP5 de las RCP y las incertidumbres evaluadas. De ahí que las afirmaciones sobre la probabilidad reflejen diferentes líneas de evidencia en ambos Grupos de trabajo. El método del Grupo de trabajo I también se aplicó a los escenarios con niveles de concentración intermedios en los que no se disponía de ninguna ejecución CMIP5. Las afirmaciones sobre la probabilidad solo tienen carácter indicativo (GTIII 6.3) y siguen en líneas generales los términos utilizados por el GTI RRP para las proyecciones de temperatura, a saber: probable (66-100%), más probable que improbable (>50-100%), tan probable como improbable (33-66%), e improbable (0-33%). Además se utiliza el término más improbable que probable (0-<50%).

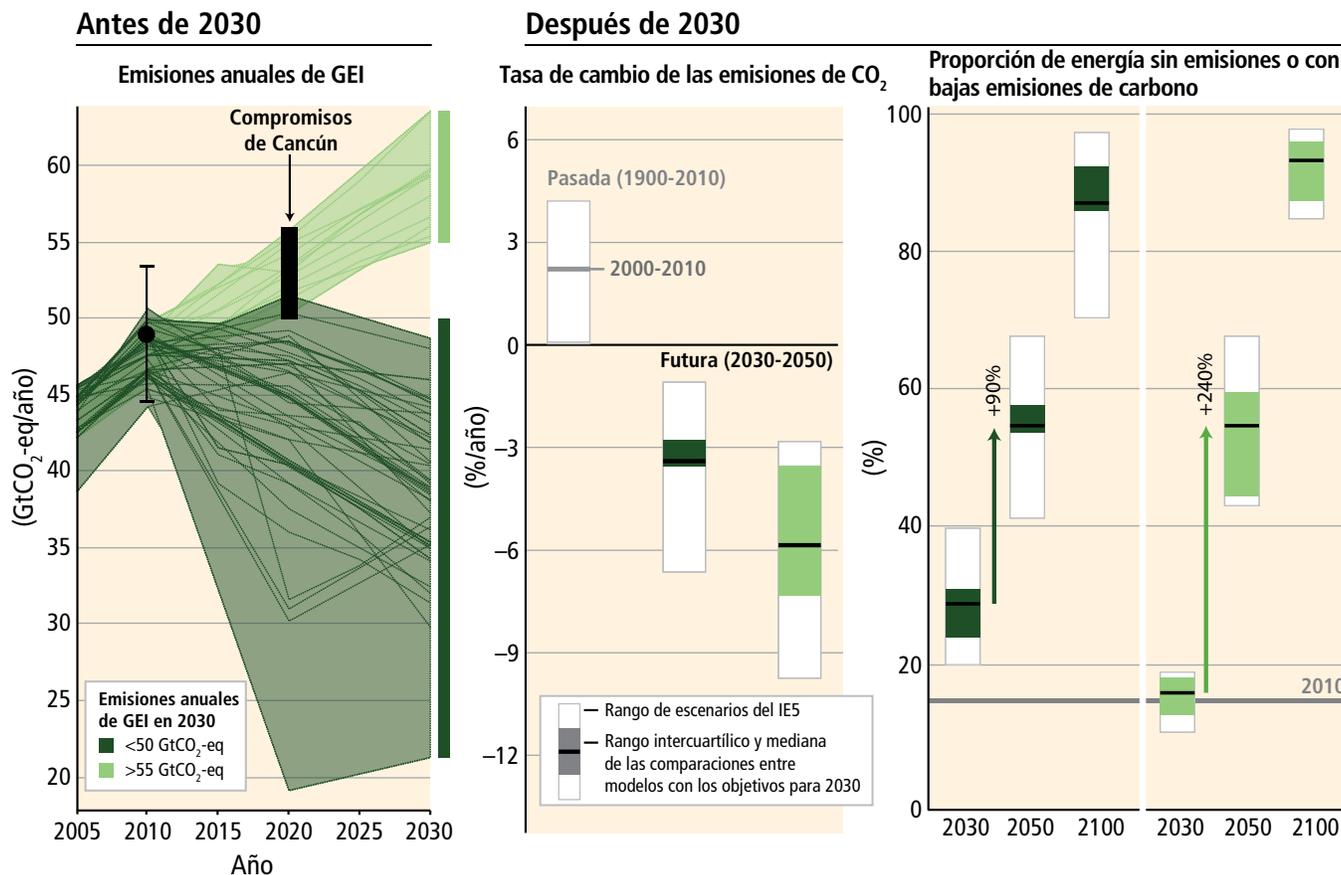
<sup>f</sup> La concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente (véase el glosario) se calcula sobre la base del forzamiento total de un ciclo del carbono sencillo/modelo climático, MAGICC. Se estima que la concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente en 2011 era de 430 ppm (rango de incertidumbre de 340 a 520 ppm). Esta cifra se basa en la evaluación del forzamiento radiativo antropogénico total para 2011 respecto de 1750 del Grupo de trabajo I, es decir, 2,3 W/m<sup>2</sup>, rango de incertidumbre de 1,1 a 3,3 W/m<sup>2</sup>.

<sup>g</sup> La inmensa mayoría de escenarios de esta categoría sobrepasa el límite de la categoría de concentración de 480 ppm CO<sub>2</sub>-eq.

<sup>h</sup> Para los escenarios de esta categoría, no hay ninguna ejecución CMIP5 ni ninguna realización MAGICC por debajo del respectivo nivel de temperatura. Aun así, con la asignación *improbable* se reflejan las incertidumbres que pudieran no ser contempladas por los modelos climáticos utilizados.

<sup>i</sup> Los escenarios de la categoría 580-650 ppm CO<sub>2</sub>-eq comprenden tanto escenarios que sobrepasan el nivel de concentración como escenarios que no lo sobrepasan en el extremo superior de la categoría (como RCP4,5). La probabilidad obtenida de la evaluación del segundo tipo de escenarios es, en general, de *más improbable que probable* con respecto a que el nivel de temperatura se mantenga por debajo de 2 °C, mientras que, conforme a la evaluación mayoritaria del primer tipo de escenarios, es *improbable* que se mantenga por debajo de ese nivel.

<sup>j</sup> En estos escenarios, las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>-equivalente en 2050 serán inferiores a las de 2010 entre un 70% y un 95%, y, en 2100, entre un 110% y un 120%.



**Figura 3.3** | Consecuencias de los distintos niveles de emisiones de GEI en 2030 para la tasa de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el aumento del suministro energético con bajas emisiones de carbono en los escenarios de mitigación en los que es, por lo menos, *tan probable como improbable* mantener el calentamiento durante el siglo XXI por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales (concentraciones de 430 a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100). Los escenarios se agrupan conforme a diferentes niveles de emisiones para 2030 (coloreados en distintos tonos de verde). El gráfico de la izquierda muestra las trayectorias de las emisiones de GEI (GtCO<sub>2</sub>-equivalente/año) que conducen a esos niveles en 2030. El punto negro con líneas muestra los niveles históricos de emisiones de GEI y las incertidumbres asociadas en 2010 como aparece en la figura 1.6. La barra de color negro muestra el intervalo de incertidumbres estimado correspondiente a las emisiones de GEI derivadas de los Compromisos de Cancún. El gráfico central muestra el promedio de las tasas de reducción de las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> para el período 2030-2050. Compara la mediana y el rango intercuartílico de los distintos escenarios de las recientes comparaciones entre modelos con objetivos explícitos provisionales para 2030 con el rango de escenarios de la base de datos de escenarios utilizados por el Grupo de trabajo III para el Quinto Informe de Evaluación. También se muestran las tasas anuales de la variación de las emisiones históricas (mantenida durante un período de 20 años). Las flechas en el gráfico de la derecha muestran la magnitud del aumento del suministro de energía sin emisiones o con bajas emisiones de carbono de 2030 a 2050 en función de distintos niveles de emisiones de GEI en 2030. El suministro de energía sin emisiones o con bajas emisiones de carbono comprende las energías renovables, la energía nuclear, la energía fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) y bioenergía con CAC (BECCS). Únicamente se muestran los escenarios que aplican el conjunto completo de tecnologías de mitigación sin restricciones de los modelos subyacentes (supuesto de uso por defecto de las tecnologías). Se excluyen los escenarios que contemplan amplias emisiones globales negativas netas (>20 GtCO<sub>2</sub>-eq/año), los escenarios basados en supuestos de precios del carbono exógeno, y los escenarios con emisiones en 2010 muy alejadas del rango histórico. {GTIII figura RRP.5, figura 6.32, figura 7.16, 13.13.1.3}

con un mayor nivel de emisiones en 2050 se caracterizan por una gran dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono después de mediados de siglo, y viceversa. Los escenarios en que es *probable* que el calentamiento se mantenga por debajo de los 2 °C se caracterizan por aumentos más rápidos de la eficiencia energética y por la triplicación y hasta casi la cuadruplicación de la proporción del suministro energético sin emisiones o con bajas emisiones de carbono, procedente de fuentes renovables, la energía nuclear y la energía fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) o BECCS para el año 2050 (figura 3.2b). Estos escenarios describen una amplia gama de cambios en el uso del suelo, lo que refleja distintos supuestos sobre la escala de producción de bioenergía, la forestación y la reducción de la deforestación. Los escenarios que dan lugar a concentraciones de 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq para 2100 se caracterizan por una

reducción de las emisiones de GEI entre el 25% y el 55% para 2050, en relación con los niveles de 2010. Los escenarios en que es *probable* que se limite el calentamiento a 3 °C en relación con los niveles preindustriales reducen las emisiones con menor prontitud que los que limitan el calentamiento a 2 °C. Solo un número limitado de estudios proporcionan escenarios en que es *más probable que improbable* limitar el calentamiento a 1,5 °C en 2100; dichos escenarios se caracterizan por concentraciones inferiores a 430 ppm CO<sub>2</sub>-eq para 2100 y una reducción de emisiones en 2050 entre el 70% y el 95% con respecto a 2010. Para consultar un análisis completo de las características de los escenarios de emisiones, sus concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente y su probabilidad de limitar el calentamiento por debajo de un rango de niveles de temperatura, véase el cuadro 3.1. {GTIII RRP.4.1, RT.3.1, 6.3, 7.11}

**Reducir las emisiones de los agentes de forzamiento climático distintos del CO<sub>2</sub> puede ser un elemento importante de las estrategias de mitigación.** En 2010 las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> (metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y gases fluorados) contribuyeron en torno a un 27% a las emisiones totales de los gases enumerados en el Protocolo de Kyoto. Existen opciones a corto plazo y de bajo costo para reducir las emisiones de la mayoría de los gases distintos del CO<sub>2</sub>. No obstante, es difícil mitigar varias fuentes de estos gases distintos del CO<sub>2</sub>, como las emisiones de N<sub>2</sub>O liberadas por el uso de fertilizantes y las emisiones de CH<sub>4</sub> derivadas de la ganadería. Como resultado, las emisiones de la mayoría de los gases distintos del CO<sub>2</sub> no se reducirán a cero, ni siquiera bajo rigurosos escenarios de mitigación (véase la figura 4.1). Las diferencias en las propiedades radiativas y los períodos de duración de los agentes de forzamiento climático del CO<sub>2</sub> y distintos del CO<sub>2</sub> entrañan importantes consecuencias para las estrategias de mitigación (véase asimismo el recuadro 3.2). {GTIII 6.3.2}

**Todas las emisiones de GEI actuales y los demás agentes de forzamiento climático influyen en el ritmo y la magnitud que tendrá el cambio climático durante los próximos decenios.** La reducción de las emisiones de determinados agentes de forzamiento climático de corta duración puede hacer que disminuya el ritmo de calentamiento a corto plazo, pero solo tendrá un efecto limitado en el calentamiento a largo plazo, que se debe principalmente a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Existen enormes incertidumbres en relación con los impactos climáticos de varios agentes de forzamiento climático de corta duración. Aunque los efectos de las emisiones de CH<sub>4</sub> son de sobra conocidos, existen enormes incertidumbres con respecto a los efectos del carbono negro. Los componentes coemitidos con efectos de enfriamiento pueden generar más complicaciones y reducir los impactos climáticos de las reducciones de emisiones. Reducir las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) causaría calentamiento. Las reducciones a corto plazo de agentes de forzamiento climático de corta duración pueden tener un efecto relativamente rápido en el cambio climático y posibles cobeneficios con respecto a la contaminación del aire. {GTI 8.2.3, 8.3.2, 8.3.4, 8.5.1, 8.7.2, PF 8.2, 12.5, GTIII 6.6.2.1}

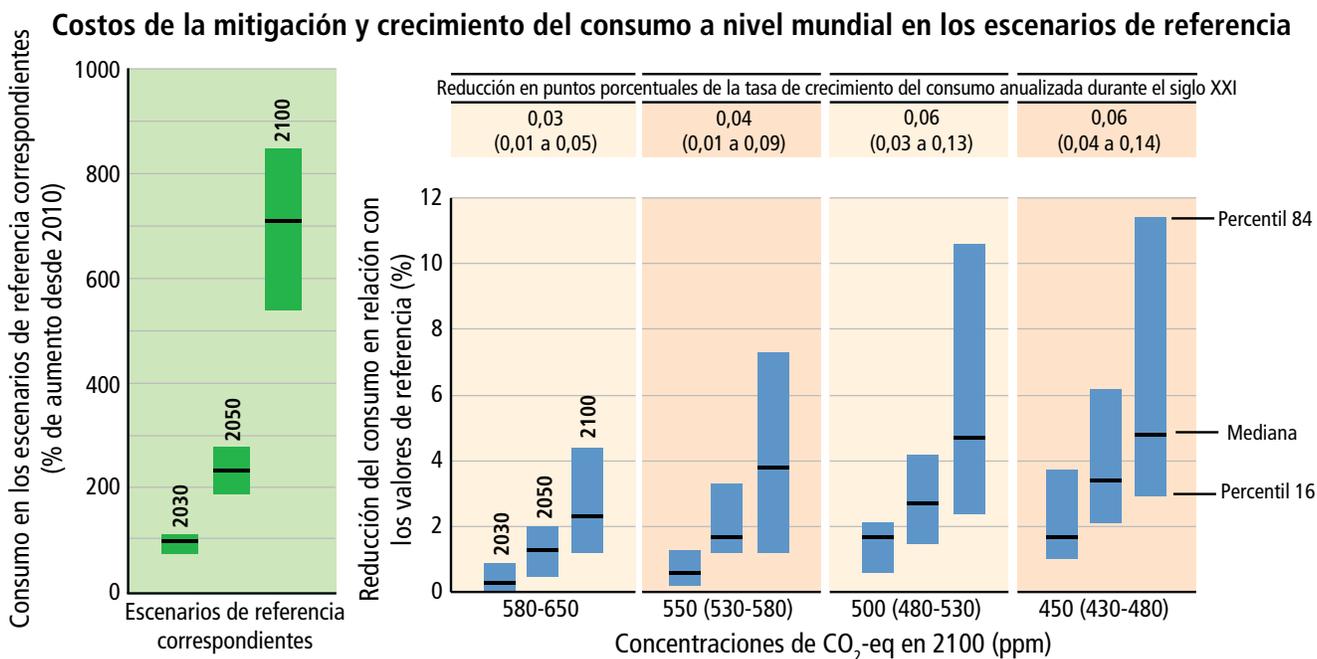
**El retraso de la mitigación adicional hasta 2030 aumentará notablemente los retos asociados a limitar el calentamiento durante el siglo XXI por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales (nivel de confianza alto).** Las emisiones de GEI en 2030 oscilan entre 30 y 50 GtCO<sub>2</sub>-eq/año en escenarios costo-efectivos en los que es entre *probable* y *tan probable como improbable* que se limite el calentamiento este siglo por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales (niveles de concentración atmosférica en 2100 de 450 a 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente) (figura 3.3, gráfico de la izquierda). Los escenarios con niveles de emisiones de GEI por encima de las 55 GtCO<sub>2</sub>-eq/año requieren tasas considerablemente más altas de reducción de las emisiones entre 2030 y 2050 (mediana estimada del 6%/año en comparación con el 3%/año en escenarios costo-efectivos; figura 3.3, gráfico central); un avance mucho más rápido del suministro energético sin emisiones o con bajas emisiones de carbono durante ese período (más del triple en comparación con la duplicación de la parte correspondiente al suministro energético con bajas emisiones de carbono en relación con 2010; figura 3.3, gráfico de

la derecha); una mayor dependencia de las tecnologías de remoción de dióxido de carbono a largo plazo; y mayores repercusiones económicas graduales y a largo plazo (cuadro 3.2). (3.5, 4.3) {GTIII RRP.4.1, RT.3.1, 6.4, 7.11}

**Los niveles de emisiones mundiales estimados para 2020 sobre la base de los Compromisos de Cancún no son coherentes con las trayectorias de mitigación a largo plazo y costo-efectivas que, como mínimo, es *tan probable como improbable* que limiten el calentamiento por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales (niveles de concentración de aproximadamente 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq o menos en 2100), pero no excluyen la opción de cumplir ese objetivo (nivel de confianza alto).** Los Compromisos de Cancún son coherentes en general con los escenarios costo-efectivos en los que es probable que se limite el cambio de temperatura por debajo de los 3 °C en relación con los niveles preindustriales. {GTIII RRP.4.1, 6.4, 13.13, figura RT.11}

**Las estimaciones de los costos económicos acumulados de la mitigación varían ampliamente y son muy sensibles a las metodologías y los supuestos, pero aumentan con la rigurosidad de la mitigación (nivel de confianza alto).** Los escenarios en que en todos los países del mundo se comienza la mitigación inmediatamente, se aplica un único precio mundial a las emisiones de carbono y están disponibles todas las tecnologías clave se han utilizado como una referencia de costo-efectividad para el cálculo de los costos macroeconómicos de mitigación (figura 3.4). Bajo estos supuestos, los escenarios de mitigación en los que es *probable* que se limite el calentamiento por debajo de los 2°C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales implican pérdidas en el consumo global —no se contemplan los beneficios de un cambio climático reducido (3.2) ni tampoco los cobeneficios ni los efectos colaterales adversos de la mitigación (3.5, 4.3)— de entre el 1% y el 4% (mediana: 1,7%) en 2030, de entre el 2% y el 6% (mediana: 3,4%) en 2050, y de entre el 3% y el 11% (mediana: 4,8%) en 2100 en relación con el consumo en los escenarios de referencia en los que este crece en todas partes entre el 300% y más del 900% a lo largo del siglo<sup>41</sup>. Estas cifras corresponden a una reducción anual del crecimiento del consumo de entre 0,04 y 0,14 puntos porcentuales (mediana: 0,06) a lo largo del siglo en relación con el crecimiento anual del consumo de referencia, que se encuentra entre el 1,6% y el 3% anual (figura 3.4). En ausencia de tecnologías de mitigación (como la bioenergía, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono y su combinación BECCS, y la tecnología nuclear, eólica y solar) o en condiciones de disponibilidad limitada, los costos de la mitigación pueden aumentar considerablemente dependiendo de la tecnología considerada (cuadro 3.2). El retraso en la mitigación adicional hace que se reduzcan los costos a corto plazo pero que aumenten los costos de la mitigación a medio y largo plazo (cuadro 3.2). Es *probable* que muchos modelos no puedan limitar el calentamiento por debajo de los 2 °C durante el siglo XXI en relación con los niveles preindustriales si la mitigación adicional se retrasa considerablemente, o si la disponibilidad de tecnologías esenciales, como la bioenergía, la captura y almacenamiento de dióxido de carbono y su combinación (BECCS), es limitada (nivel de confianza alto) (cuadro 3.2). {GTIII RRP.4.1, cuadro RRP.2, cuadro RT.2, RT.3.1, 6.3, 6.6}

<sup>41</sup> Los rangos de los costos de mitigación citados aquí se refieren al intervalo comprendido entre los percentiles 16 y 84 de la muestra de base (véase la figura 3.4).



**Figura 3.4 |** Costos globales de la mitigación en escenarios costo-efectivos a distintos niveles de concentraciones atmosféricas en 2100 (gráfico de la derecha) y crecimiento del consumo económico en los escenarios de referencia correspondientes (aquellos que carecen de mitigación adicional) (gráfico de la izquierda). El cuadro de la parte superior muestra el porcentaje de reducciones del crecimiento del consumo anualizadas en relación con el crecimiento del consumo de referencia, que es de entre el 1,6% y el 3% anual (p. ej., si la reducción es del 0,06% por año debido a la mitigación, el crecimiento de referencia es del 2,0% por año; por tanto, la tasa de crecimiento con mitigación sería del 1,94% por año). Los escenarios costo-efectivos suponen la mitigación inmediata en todos los países y un único precio mundial a las emisiones de carbono, y no imponen ninguna limitación adicional a la tecnología en relación con supuestos de los modelos de uso por defecto de las tecnologías. Las pérdidas de consumo se muestran en relación con una evolución de referencia sin política climática. Las estimaciones en este cuadro no consideran los beneficios de un cambio climático reducido ni los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación. Las estimaciones en el extremo superior de estos rangos de costos corresponden a modelos que son relativamente inflexibles en el logro de las profundas reducciones de las emisiones que se requieren a largo plazo para cumplir estos objetivos, o contemplan supuestos sobre imperfecciones del mercado que provocarían aumentos en los costos. {GTIII cuadro RRP.2, figura RT.12, 6.3.6, figura 6.21}

Se prevé que los esfuerzos de mitigación y el costo asociado varíen entre los distintos países. La distribución de costos puede diferir de la distribución de las propias medidas (*nivel de confianza alto*). En los escenarios costo-efectivos globales, la mayoría de los esfuerzos de mitigación se ubican en países con las emisiones de GEI más altas en el futuro en los escenarios de referencia. Algunos estudios que contemplan marcos particulares de distribución de esfuerzos, basándose en el supuesto de la existencia de un mercado mundial del carbono, han estimado que se producirán considerables flujos financieros mundiales asociados con la mitigación en escenarios en los que es entre *probable* y *más improbable que probable* que se limite el calentamiento durante el siglo XXI por debajo de los 2 °C en relación con los niveles preindustriales. {GTIII RRP.4.1, RT.3.1, recuadro 3.5, 4.6, 6.3.6, cuadro 6.4, figura 6.9, figura 6.27, figura 6.28, figura 6.29, 13.4.2.4}



**Cuadro 3.2** | Aumento de los costos de mitigación globales debido a la disponibilidad limitada de tecnologías específicas o a retrasos en la mitigación adicional<sup>a</sup> en relación con los escenarios costo-efectivos<sup>b</sup>. Se indica el incremento de los costos para la estimación de la mediana y el intervalo comprendido entre los percentiles 16 y 84 de los escenarios (en paréntesis). El tamaño de la muestra de cada conjunto de escenarios se indica en los símbolos en color<sup>c</sup>. Los colores de los símbolos indican la parte proporcional de los modelos tomada de los ejercicios de comparación sistemática de los modelos que pueden alcanzar satisfactoriamente el nivel de concentración objetivo. [GTIII cuadro RRP.2, cuadro RT.2, figura RT.13, figura 6.24, figura 6.25]

Incrementos de los costos de mitigación en escenarios con disponibilidad limitada de tecnologías <sup>d</sup>					Incrementos en los costos de mitigación a raíz del retraso de la mitigación adicional hasta 2030	
[% de aumento en los costos de mitigación descontados <sup>e</sup> totales (2015-2100) en relación con los supuestos de uso por defecto de la tecnología]					[% de aumento en los costos de mitigación en relación con la mitigación inmediata]	
2100 concentraciones (en ppm CO <sub>2</sub> -eq)	sin CCA	eliminación gradual de la energía nuclear	energía solar/energía eólica limitada	bioenergía limitada	costos a medio plazo (2030-2050)	costos a largo plazo (2050-2100)
450 (430 a 480)	138% (del 29% al 297%)	7% (del 4% al 18%)	6% (del 2% al 29%)	64 (del 44% al 78%)	44% (del 2% al 78%)	37% (del 16% al 82%)
500 (480 a 530)	no disponible (nd)	nd	nd	nd		
550 (530 a 580)	39% (del 18% al 78%)	13% (del 2% al 23%)	8% (del 5% al 15%)	18% (del 4% al 66%)	15% (del 3% al 32%)	16% (del 5% al 24%)
580 a 650	nd	nd	nd	nd		
<b>Legenda de los símbolos: parte proporcional de los modelos que genera escenarios satisfactoriamente (las cifras indican el número de modelos satisfactorios)</b>						
: todos los modelos satisfactorios			: entre un 50% y un 80% de modelos satisfactorios			
: entre un 80% y un 100% de modelos satisfactorios			: menos del 50% de modelos satisfactorios			

Notas:

<sup>a</sup> Los escenarios con un retraso en la mitigación se asocian a una emisión de gases de efecto invernadero superior a 55 GtCO<sub>2</sub>-eq en 2030, y el incremento en los costos de mitigación se mide en relación con los escenarios de mitigación costo-efectivos para el mismo nivel de concentraciones a largo plazo.

<sup>b</sup> Los escenarios costo-efectivos suponen la mitigación inmediata en todos los países y un único precio mundial a las emisiones de carbono, y no imponen ninguna limitación adicional a la tecnología en relación con supuestos de los modelos de uso por defecto de las tecnologías.

<sup>c</sup> El intervalo está determinado por los escenarios centrales que abarcan el intervalo comprendido entre los percentiles 16 y 84 del conjunto de escenarios. Solo se incluyen aquellos escenarios cuyo horizonte temporal abarca hasta 2100. Algunos modelos que están comprendidos en los rangos de costos correspondientes a niveles de concentración superiores a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 no pudieron producir escenarios asociados correspondientes a niveles de concentración inferiores a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 con supuestos relativos a la disponibilidad limitada de las tecnologías o la demora de la mitigación adicional.

<sup>d</sup> Sin CAC: en estos escenarios no se incluye la captura y almacenamiento de dióxido de carbono. Eliminación gradual de la energía nuclear: sin adición de centrales nucleares aparte de las que ya estén en construcción, y explotación de las ya existentes hasta el final de su ciclo de vida. Energía solar/eólica limitada: máximo del 20% de generación mundial de electricidad a partir de las fuentes solar y eólica en cualquier año de estos escenarios. Bioenergía limitada: máximo de 100 EJ/año de suministro mundial de bioenergía moderna (la bioenergía moderna utilizada para calefacción, electricidad, combinaciones e industria fue de alrededor de 18 EJ/año en 2008). EJ = Exajulio= 10<sup>18</sup> julios.

<sup>e</sup> Incremento porcentual del valor actual neto de las pérdidas de consumo en el porcentaje del consumo de referencia (para los escenarios de los modelos de equilibrio general) y los costos de disminución en porcentaje del producto interno bruto (PIB) de referencia (para los escenarios de los modelos de equilibrio parcial) correspondiente al periodo 2015-2100, descontado al 5% anual.

### Recuadro 3.2 | Métricas de los gases de efecto invernadero y trayectorias de mitigación

Este recuadro se centra en las métricas basadas en las emisiones que se utilizan para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente a fin de formular y evaluar las estrategias de mitigación. Estas métricas de las emisiones son distintas de las métricas basadas en las concentraciones utilizadas en el Informe de síntesis (concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente). Para consultar una explicación de las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente y las concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente, véase el glosario.

**Las métricas de las emisiones facilitan las políticas climáticas conformadas por diversos componentes, puesto que permiten expresar las emisiones de los distintos gases de efecto invernadero (GEI) y otros agentes de forzamiento climático en una unidad común (denominada "emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente").** El potencial de calentamiento global (PCG) se introdujo en el Primer Informe de Evaluación del IPCC, en el que también se utilizaba para ilustrar las dificultades que entrañaba comparar componentes con distintas propiedades físicas utilizando una única métrica. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y su Protocolo de Kyoto adoptaron el PCG para un horizonte temporal de 100 años (PCG<sub>100</sub>), y en la actualidad se utiliza ampliamente como métrica predeterminada. Esta es solo una de las distintas métricas de emisiones y horizontes temporales posibles. {GTI 8.7, GTIII 3.9}

**La elección de la métrica de las emisiones y del horizonte temporal depende del tipo de aplicación y del contexto de políticas; por consiguiente, no existe ninguna métrica óptima para todos los objetivos de políticas.** Todas las métricas presentan deficiencias, y las decisiones incluyen juicios de valor, como el efecto climático considerado y la ponderación de los efectos en el tiempo (que descuentan de forma explícita o implícita los impactos en el tiempo), el objetivo de las políticas climáticas y la medida en que la métrica incorpora consideraciones económicas o consideraciones de carácter físico únicamente. Existen incertidumbres notables en relación con las métricas, y las magnitudes de las incertidumbres difieren a lo largo de todo el rango de tipos de métricas y horizontes temporales. En general, la incertidumbre es mayor en las métricas de la cadena causa-efecto que comprenden desde la emisión hasta los efectos. {GTI 8.7, GTIII 3.9}

**La importancia asignada a agentes de forzamiento climático distintos del CO<sub>2</sub> en relación con el CO<sub>2</sub> depende principalmente de la elección de la métrica y el horizonte temporal (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** El PCG compara componentes sobre la base del forzamiento radiativo, integrado hasta el horizonte temporal elegido. El potencial de cambio en la temperatura global (PCTG; véase el glosario) se basa en la respuesta de la temperatura en un punto temporal determinado sin que se atribuya importancia a la respuesta de la temperatura antes o después del punto temporal elegido. Forzosamente, al adoptar un horizonte fijo de, por ejemplo, 20, 100 o 500 años para estas métricas no se podrá atribuir importancia a los resultados climáticos que se produzcan a la conclusión del horizonte temporal, lo cual es importante para el CO<sub>2</sub> y para otros gases de larga duración. La elección del horizonte temporal afecta en gran medida a la ponderación, especialmente de los agentes de forzamiento climático de corta duración, como el metano (CH<sub>4</sub>) (véase el recuadro 3.2, cuadro 1; recuadro 3.2, figura 1a). Para algunas métricas (p. ej., el PCTG dinámico; véase el glosario), se utilizan cambios de ponderación en el tiempo a medida que se aproxima el año objetivo elegido. {GTI 8.7, GTIII 3.9}

Recuadro 3.2, cuadro 1 | Ejemplos de valores de métricas de las emisiones del Grupo de trabajo I <sup>a</sup>.

	Duración (años)	Potencial de calentamiento global (PCG)		Potencial de cambio en la temperatura global (PCTG)	
		Forzamientos acumulados durante 20 años	Forzamientos acumulados durante 100 años	Cambio de temperatura después de 20 años	Cambio de temperatura después de 100 años
CO <sub>2</sub>	<sup>b</sup>	1	1	1	1
CH <sub>4</sub>	12,4	84	28	67	4
N <sub>2</sub> O	121,0	264	265	277	234
CF <sub>4</sub>	50 000,0	4 880	6 630	5 270	8 040
HFC-152a	1,5	506	138	174	19

Notas:

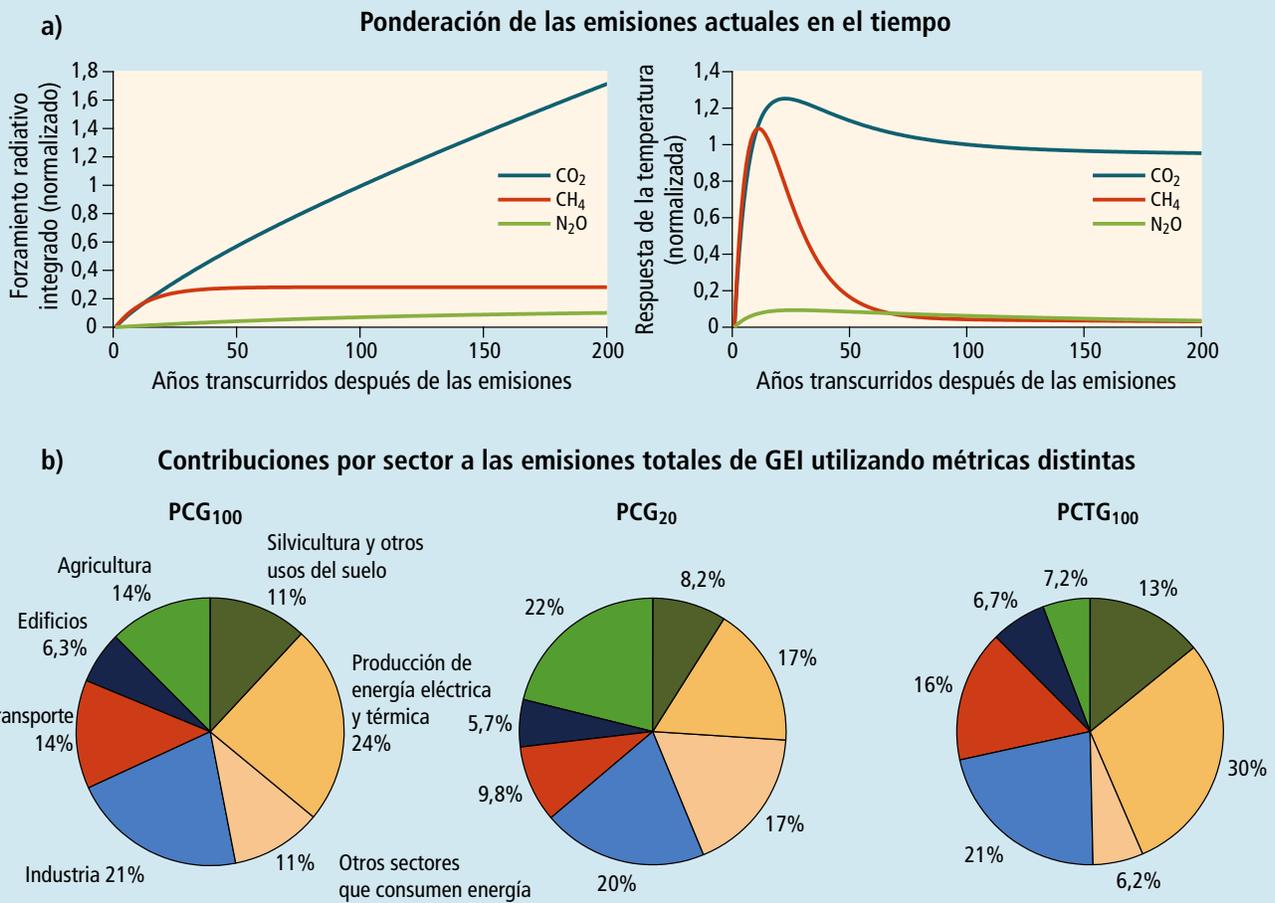
<sup>a</sup> Los valores del potencial de calentamiento global (PCG) se han actualizado en los sucesivos informes del IPCC; los valores del PCG<sub>100</sub> del Quinto Informe de Evaluación (IE5) son distintos a los adoptados por el primer período de compromiso del Protocolo de Kyoto, que se tomaron del Segundo Informe de Evaluación (IE2) del IPCC. Téngase en cuenta que, por motivos de coherencia, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente que figuran en otras partes del presente Informe de síntesis también se basan en el IE2 del IPCC, no en los valores del IE5. Para consultar una comparación de las emisiones utilizando los valores de PCG<sub>100</sub> del IE2 y el IE5 para las emisiones de 2010, véase la figura 1.6.

<sup>b</sup> No se puede asignar un único período de duración al CO<sub>2</sub>. {GTI recuadro 6.1, 6.1.1, 8.7}

(continúa en la página siguiente)

Recuadro 3.2 (continuación)

La elección de la métrica de las emisiones afecta al calendario y el énfasis dedicado a reducir los agentes de forzamiento climático de corta y larga duración. Con respecto a la mayoría de las métricas, las diferencias de costos a nivel mundial son pequeñas en escenarios de participación mundial y trayectorias de mitigación minimizadoras de costos, pero las consecuencias para distintos países y sectores podrían ser más importantes (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Las diferentes métricas y horizontes temporales influyen considerablemente en las aportaciones de distintas fuentes o sectores y componentes, en particular de los agentes de forzamiento climático de corta duración (recuadro 3.2, figura 1b). Una métrica independiente con horizonte temporal fijo que concede menos importancia a agentes de corta duración como el CH<sub>4</sub> (p. ej., utilizando el PCTG<sub>100</sub> en lugar del PCG<sub>100</sub>) requeriría una reducción más prematura y rigurosa del CO<sub>2</sub> para alcanzar el mismo resultado climático en 2100. La utilización de una métrica que depende del tiempo, como el PCTG dinámico, induce una menor mitigación de CH<sub>4</sub> a corto plazo, pero esta es mayor a largo plazo a medida que se aproxima la fecha objetivo. Esto implica que, con respecto a algunos agentes (de corta duración), la elección de la métrica influye en la elección de políticas y en el calendario de mitigación (especialmente en sectores y países con altos niveles de emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub>). {GTI 8.7, GTIII 6.3}



**Recuadro 3.2, figura 1** | Consecuencias de la elección de métricas en la ponderación de las emisiones de GEI y las contribuciones por sectores para horizontes temporales ilustrativos. **a)** forzamiento radiativo integrado (gráfico de la izquierda) y calentamiento resultante en un punto temporal futuro determinado (gráfico de la derecha) a partir de las emisiones netas mundiales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) en el año 2010 (y sin emisiones posteriormente), para horizontes temporales de hasta 200 años. El forzamiento radiativo integrado se utiliza para calcular los potenciales de calentamiento global (PCG), mientras que el calentamiento en un punto temporal futuro determinado se emplea para calcular los potenciales de cambio en la temperatura global (PCTG). El forzamiento radiativo y el calentamiento se calcularon sobre la base de los datos de emisiones mundiales de 2010 tomados de GTIII 5.2, y los PCG absolutos y los PCTG absolutos de GTI 8.7, normalizados para el forzamiento radiativo integrado y el calentamiento, respectivamente, después de 100 años, a partir de las emisiones netas de CO<sub>2</sub> en 2010. **b)** Ejemplos ilustrativos que muestran las contribuciones de distintos sectores al total de las emisiones mundiales de GEI, ponderadas mediante parámetros globales, en el año 2010, y calculadas mediante el PCG a 100 años (PCG<sub>100</sub>, a la izquierda), el PCG a 20 años (PCG<sub>20</sub>, en el centro) o el PCTG a 100 años (PCTG<sub>100</sub>, a la derecha) y la base de datos de emisiones de 2010 del Grupo de trabajo III. {GTIII 5.2} Téngase en cuenta que los porcentajes varían levemente en el caso del PCG<sub>100</sub> cuando se utilizan los valores del Segundo Informe de Evaluación del IPCC; véase el tema 1, figura 1.7. Véase el GTIII para consultar datos sobre las actividades que generan emisiones en cada sector.

### Recuadro 3.3 | Tecnologías de geoingeniería para la remoción del dióxido de carbono y la gestión de la radiación solar: posibles funciones, opciones, riesgos y situaciones

La geoingeniería se define como un vasto conjunto de métodos y tecnologías que funcionan a gran escala y que tienen por objeto alterar deliberadamente el sistema climático a fin de aliviar los impactos del cambio climático. La mayoría de los métodos persiguen reducir la cantidad de energía solar absorbida en el sistema climático (gestión de la radiación solar) o el aumento de remoción del CO<sub>2</sub> de la atmósfera mediante sumideros para alterar el clima (remoción de dióxido de carbono, véase el glosario). Con los escasos datos disponibles no es posible realizar una evaluación exhaustiva de la viabilidad, el costo, los efectos adversos y los impactos ambientales de la remoción de dióxido de carbono o la gestión de la radiación solar. {GTI RRP E.8, 6.5, 7.7, GTII 6.4, cuadro 6-5, recuadro 20-4, GTIII RT.3.1.3, 6.9}

**La remoción de dióxido de carbono desempeña una función esencial en la mayoría de los escenarios de mitigación.** La bioenergía con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) y la forestación son los únicos métodos de remoción de dióxido de carbono incluidos en esos escenarios. Las tecnologías de remoción de dióxido de carbono son particularmente importantes en escenarios en los que se sobrepasan temporalmente las concentraciones atmosféricas, pero también predominan en muchos escenarios en los que no se sobrepasan los niveles de concentración para compensar las emisiones residuales procedentes de sectores donde la mitigación es más onerosa. Del mismo modo que la mitigación, la remoción de dióxido de carbono necesitaría implantarse a gran escala y durante un período prolongado de tiempo para que se pudieran reducir considerablemente las concentraciones de CO<sub>2</sub> (véase la sección 3.1). {GTII 6.4, GTIII RRP.4.1, RT.3.1.2, RT.3.1.3, 6.3, 6.9}

**Varias técnicas de remoción de dióxido de carbono pueden reducir potencialmente los niveles de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. No obstante, existen limitaciones biogeoquímicas, técnicas y sociales, que, en distinta medida, dificultan la elaboración de estimaciones cuantitativas de la capacidad potencial de la remoción de dióxido de carbono.** La mitigación de emisiones a partir de la remoción de dióxido de carbono es menor que el CO<sub>2</sub> eliminado, dado que parte de la liberación de CO<sub>2</sub> corresponde a CO<sub>2</sub> previamente almacenado en reservorios de carbono terrestres y oceánicos. El almacenamiento geológico debajo del mar se ha implantado a escala regional, sin datos hasta la fecha de su impacto en los océanos debido a las filtraciones. Los efectos climáticos y ambientales colaterales de la remoción de dióxido de carbono dependen de la tecnología y la escala. Hay ejemplos asociados con la reflectancia superficial alterada por la forestación y la desoxigenación del océano causado por su fertilización. La mayoría de las técnicas de remoción de dióxido de carbono a nivel terrestre implicarían demandas competitivas en relación con el suelo y podrían entrañar riesgos locales y regionales, mientras que las técnicas de remoción de dióxido de carbono a nivel marítimo implican riesgos considerables para los ecosistemas oceánicos, de forma que su implantación podría plantear nuevos retos a la cooperación entre países. {GTI 6.5, PF 7.3, GTII 6.4, cuadro 6.5, GTIII 6.9}

**No se ha probado la gestión de la radiación solar, y tampoco se incluye en ninguno de los escenarios de mitigación; no obstante, si fuera viable, podría compensar en cierta medida el aumento de la temperatura global y algunos de sus efectos. Posiblemente podría dar lugar a un enfriamiento rápido en comparación con la mitigación de CO<sub>2</sub>.** Existe un *nivel de confianza medio* en la posibilidad de ajustar la escala de la gestión de la radiación solar mediante la inyección de aerosoles en la estratosfera para contrarrestar el forzamiento radiativo derivado de la duplicación de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y algunas de las respuestas climáticas asociadas al calentamiento. No existe consenso sobre si podría conseguirse un forzamiento radiativo negativo tan grande mediante la intensificación del brillo de las nubes, debido a que no existen conocimientos suficientes. No parece que el cambio del albedo terrestre pudiera producir un gran forzamiento radiativo contrario. Incluso aunque la gestión de la radiación solar pudiera contrarrestar el calentamiento global promedio, seguirían existiendo diferencias en los modelos espaciales. La escasa literatura sobre otras técnicas de gestión de la radiación solar impide su evaluación. {GTI 7.7, GTIII RT.3.1.3, 6.9}

**Si se implantase, la gestión de la radiación solar entrañaría numerosas incertidumbres, efectos colaterales, riesgos y deficiencias.** Son varias las líneas de evidencia que indican que la gestión de la radiación solar produciría una disminución pequeña, aunque significativa, de la precipitación global (con mayores diferencias a escala regional). Es *probable* que la gestión de la radiación solar mediante la inyección de aerosoles aumente ligeramente las pérdidas de ozono en la estratosfera polar. La gestión de la radiación solar no evitaría los efectos del CO<sub>2</sub> en los ecosistemas y en la acidificación del océano que no están relacionados con el calentamiento. También podrían producirse otras consecuencias no previstas. Para todos los escenarios futuros considerados en el Quinto Informe de Evaluación, necesitaría aumentarse proporcionalmente la gestión de la radiación solar a fin de contrarrestar el calentamiento global promedio, lo que agravaría los efectos colaterales. Asimismo, si se aumentara la gestión de la radiación solar hasta niveles considerables y posteriormente se cancelaran dichas actividades, hay un *nivel de confianza alto* en que las temperaturas superficiales aumentarían muy rápidamente (en un decenio o dos). Con ello se sometería a un esfuerzo a los sistemas que son sensibles al ritmo de calentamiento. {GTI 7.6-7.7, PF 7.3, GTII 19.5, GTIII 6.9}

**Las tecnologías de gestión de la radiación solar plantean preguntas sobre los costos, los riesgos, la gobernanza y las repercusiones éticas de su desarrollo e implantación. Hay retos especiales que surgen de las instituciones y los mecanismos internacionales que podrían coordinar la investigación y posiblemente controlar las pruebas y la implantación.** Incluso aunque la gestión de la radiación solar redujera el aumento antropógeno de la temperatura mundial, implicaría redistribuciones espaciales y temporales de los riesgos. Por consiguiente, la gestión de la radiación solar plantea cuestiones importantes de justicia intrageneracional e intergeneracional. La investigación en materia de gestión de la radiación solar, así como su implantación futura, ha estado sujeta a objeciones éticas. A pesar de que para varias tecnologías de implantación de la gestión de la radiación solar se estimaron bajos costos potenciales, ello no implica que superaran un análisis de costos-beneficios en que se tuviera en cuenta el conjunto de riesgos y efectos colaterales. Las repercusiones en materia de gobernanza de la gestión de la radiación solar son particularmente desafiantes, en especial en cuanto medida unilateral que podría acarrear efectos y costos significativos para otros. {GTIII RT.3.1.3, 1.4, 3.3, 6.9, 13.4}

### 3.5 Interacción entre la mitigación, la adaptación y el desarrollo sostenible

El cambio climático es una amenaza para el desarrollo equitativo y sostenible. La adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible están estrechamente relacionados, y tienen capacidad potencial para establecer sinergias y contrapartidas.

El cambio climático plantea una amenaza creciente para el desarrollo equitativo y sostenible (*nivel de confianza alto*). Ya se están observando distintos impactos en el desarrollo relacionados con el clima. El cambio climático tiene un efecto multiplicador de amenazas. Agrava otras amenazas a los sistemas sociales y naturales, colocando nuevas cargas, en particular sobre los pobres, y restringiendo posibles trayectorias de desarrollo para todos. El desarrollo de las actuales trayectorias mundiales puede contribuir al riesgo climático y la vulnerabilidad del clima, socavando aún más la base del desarrollo sostenible. {GTII RRP B-2, 2.5, 10.9, 13.1-13.3, 20.1, 20.2, 20.6, GTIII RRP.2, 4.2}

Armonizar la política climática con el desarrollo sostenible requiere considerar tanto la adaptación como la mitigación (*nivel de confianza alto*). La interacción entre la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible se produce dentro de las regiones y las escalas y entre ellas, a menudo en el contexto de diversos factores de estrés. Algunas opciones para responder al cambio climático pueden plantear riesgos que entrañen otros costos ambientales y sociales, tengan efectos distributivos adversos y sustraigan recursos

de otras prioridades en materia de desarrollo, como la erradicación de la pobreza. {GTII 2.5, 8.4, 9.3, 13.3-13.4, 20.2-20.4, 21.4, 25.9, 26.8, GTIII RRP.2, 4.8, 6.6}

Tanto la adaptación como la mitigación pueden proporcionar cobeneficios considerables (*nivel de confianza medio*). Cabe destacar entre los ejemplos de medidas que generan cobeneficios los siguientes: i) mejora de la calidad del aire (véase la figura 3.5); ii) mejora de la seguridad energética; iii) menor consumo de energía y agua en las zonas urbanas gracias a ciudades cada vez más ecológicas y mediante el reciclaje del agua; iv) agricultura y silvicultura sostenibles; y v) protección de los ecosistemas para que proporcionen servicios de almacenamiento de carbono y otros servicios ecosistémicos. {GTII RRP C-1, GTIII RRP.4.1}

Actualmente se puede tratar de aplicar estrategias y medidas que logren progresos en favor de 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 eficaz (*nivel de confianza alto*). Las perspectivas de trayectorias 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 el ritmo 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. {GTII RRP C-2, 20.2, 20.6.2}

3

#### Cobeneficios de la mitigación del cambio climático para la calidad del aire

Impacto de las políticas climáticas rigurosas en materia de emisiones contaminantes del aire (mundial, 2005-2050)

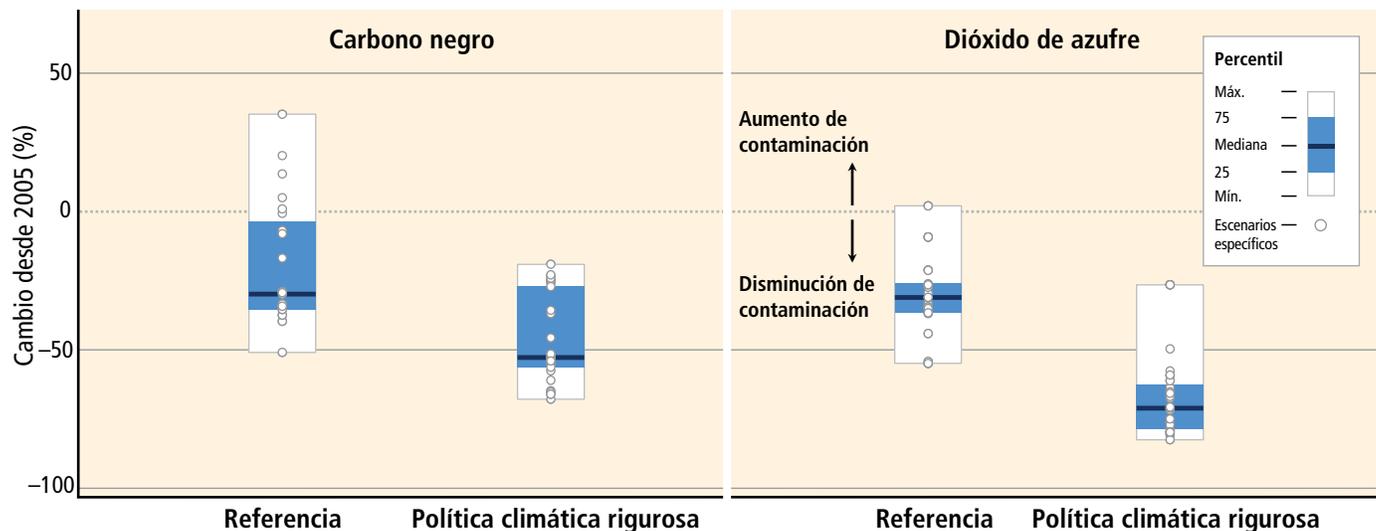


Figura 3.5 | Niveles de emisión de contaminantes atmosféricos de carbono negro (CN) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en 2050 en relación con 2005 (0 = niveles de 2005). Los escenarios de referencia sin despliegue de esfuerzos adicionales para reducir las emisiones de GEI más allá de los esfuerzos actualmente en vigor se comparan con los escenarios con políticas de mitigación rigurosas, que son compatibles con niveles de concentración de entre 450 y 500 (430-530) ppm CO<sub>2</sub>-eq, aproximadamente, en 2100. {GTIII RRP.6, RT.14, figura 6.33}

### Recuadro 3.4 | Cobeneficios y efectos colaterales adversos

**Una política gubernamental o una medida que persiga lograr un objetivo suele influir en otros objetivos, de forma positiva o negativa.** Por ejemplo, las políticas de mitigación pueden influir en la calidad del aire local (véase la figura 3.5). Cuando los efectos son positivos se denominan “cobeneficios”, también denominados “beneficios secundarios”. Los efectos negativos se denominan “efectos colaterales adversos”. Algunas medidas se califican como de “bajo riesgo escaso o sin riesgo” cuando sus cobeneficios son suficientes para justificar su aplicación, incluso aunque carezcan de beneficios directos inmediatos. Los cobeneficios y los efectos colaterales adversos se pueden medir en unidades monetarias o no monetarias. El impacto de los cobeneficios y los efectos colaterales adversos derivados de las políticas climáticas en el bienestar social general todavía no se ha examinado cuantitativamente, excepto en unos pocos estudios recientes con distintos objetivos. Muchos de ellos todavía no se han cuantificado, y los efectos pueden darse según las circunstancias de cada caso y cada sitio dado que dependerán de las circunstancias locales. {GTII 11.9, 16.3.1, 17.2, 20.4.1, GTIII recuadro RT.11, 3.6, 5.7}

**Los cobeneficios de la mitigación pueden afectar al logro de otros objetivos, como los relacionados con la seguridad energética, la calidad del aire, los esfuerzos por abordar los impactos en los ecosistemas, la distribución de los ingresos, la oferta de mano de obra y el empleo y la expansión urbana (véanse los cuadros 4.2 y 4.5).** No obstante, ante la ausencia de políticas complementarias, varias medidas de mitigación pueden tener efectos colaterales adversos (al menos a corto plazo), por ejemplo, en la biodiversidad, la seguridad alimentaria, el acceso a la energía, el crecimiento económico y la distribución de los ingresos. Los cobeneficios de las políticas de adaptación pueden incluir, entre otros, la mejora del acceso a la infraestructura y los servicios, la ampliación de los sistemas de educación y salud, la reducción de las pérdidas ocasionadas por desastres y una mejor gobernanza. {GTII 4.4.4, 11.9, 15.2, 17.2, 20.3.3, 20.4.1, GTIII recuadro RT.11, 6.6}

**Las estrategias integrales en respuesta al cambio climático compatibles con el desarrollo sostenible tienen en cuenta los cobeneficios, los efectos colaterales adversos y los riesgos que pueden derivarse de las opciones de adaptación y de mitigación.** Resulta complicado evaluar los impactos en el bienestar social general debido a esta interacción entre las opciones de respuesta al cambio climático y las políticas que existían anteriormente y que no guardan relación con el clima. Por ejemplo, por lo que se refiere a la calidad del aire, el valor de la reducción de una tonelada más de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) que se produce gracias a la mitigación del cambio climático mediante la reducción de la combustión de combustibles fósiles depende en gran medida de la rigurosidad de las políticas para el control del SO<sub>2</sub>. Si la política con respecto al SO<sub>2</sub> es precaria, el valor de las reducciones del SO<sub>2</sub> podrá ser elevado, pero si dicha política es rigurosa, el valor de las reducciones puede ser casi nulo. Del mismo modo, desde el punto de vista de la adaptación y la gestión de los riesgos de desastre, las políticas precarias pueden inducir un déficit de adaptación que aumente las pérdidas humanas y económicas a raíz de la variabilidad natural del clima. Por “déficit de adaptación” se entiende la falta de capacidad para gestionar los impactos adversos de la variabilidad del clima actual. Un déficit de adaptación existente aumenta los beneficios de las políticas de adaptación que mejoran la gestión de la variabilidad del clima y el cambio climático. {GTII 20.4.1, GTIII Recuadro RT.11, 6.3}



# 4

## Adaptación y mitigación

## Tema 4: Adaptación y mitigación

Muchas opciones de adaptación y mitigación pueden contribuir a afrontar el cambio climático, pero ninguna de ellas basta por sí sola. Para que la implementación de las opciones sea efectiva, se necesitan políticas y cooperación en todas las escalas; y para fortalecerla, se requieren respuestas integradas que vinculen la adaptación y la mitigación con otros objetivos sociales.

En el tema 3 se ponen de manifiesto la necesidad de la mitigación a escala global y la adaptación, así como sus consideraciones estratégicas, para gestionar los riesgos derivados del cambio climático. Sobre la base de estos conocimientos, en el tema 4 se presentan las opciones de respuesta a corto plazo que podrían contribuir a alcanzar estos objetivos estratégicos. Las medidas para la adaptación y la mitigación a corto plazo son diferentes entre los distintos sectores y regiones en función de su nivel de desarrollo, capacidad de respuesta y aspiraciones a corto y largo plazo respecto de los resultados climáticos y no climáticos. Habida cuenta de que la adaptación y la mitigación se dan inevitablemente en el contexto de múltiples objetivos, se dedica especial atención a la capacidad para desarrollar y aplicar procedimientos integrados que permitan aprovechar los cobeneficios y gestionar las contrapartidas.

### 4.1 Factores propicios y limitaciones comunes de las respuestas de adaptación y mitigación

Las respuestas de adaptación y mitigación requieren factores propicios comunes, tales como la eficacia de las instituciones y de la gobernanza, la innovación y las inversiones en tecnologías e infraestructura ambientalmente racionales, así como medios de subsistencia, y opciones de comportamientos y estilos de vida sostenibles.

La innovación y las inversiones en infraestructura y tecnologías ambientalmente racionales pueden hacer que se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y que aumente la resiliencia al cambio climático (*nivel de confianza muy alto*). La innovación y el cambio pueden ampliar la disponibilidad o la eficacia de las opciones de adaptación y mitigación. Por ejemplo, las inversiones en tecnologías energéticas que emiten bajos niveles de carbono o son neutras en carbono pueden reducir la intensidad energética del desarrollo económico, la intensidad de carbono de la energía, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y los costos de la mitigación a largo plazo. Del mismo modo, las nuevas tecnologías e infraestructuras pueden aumentar la resiliencia de los sistemas humanos y, a la vez, reducir los efectos adversos sobre los sistemas naturales. Las inversiones en tecnología e infraestructura dependen de que exista un entorno normativo habilitador, acceso a la financiación y la tecnología y un mayor desarrollo económico que fomente la capacidad (cuadro 4.1, sección 4.4). {GTII RRP C-2, cuadro RRP.1, cuadro RT.8, GTIII RRP.4.1, Cuadro RRP.2, RT.3.1.1, RT.3.1.2, RT.3.2.1}

La adaptación y la mitigación están limitadas por la inercia de las tendencias de desarrollo económico mundiales y regionales, las emisiones de GEI, el consumo de recursos, los patrones de la infraestructura y la población, el comportamiento institucional y la tecnología (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Esta inercia puede limitar la capacidad de reducir las emisiones de GEI, permanecer por debajo de determinados umbrales climáticos o

evitar los efectos adversos (cuadro 4.1). Algunas limitaciones pueden superarse por medio de nuevas tecnologías, recursos financieros, una mayor eficacia y gobernanza institucional o cambios en las actitudes y los comportamientos sociales y culturales. {GTII RRP C-1, GTIII RRP.3, RRP.4.2, cuadro RRP.2}

La vulnerabilidad al cambio climático, las emisiones de GEI y la capacidad de adaptación y mitigación acusan en gran medida la influencia de los medios de subsistencia, los estilos de vida, el comportamiento y la cultura (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*) (cuadro 4.1). Los cambios a estilos de vida que hacen un uso más intensivo de la energía pueden contribuir al aumento del consumo de energía y recursos, que lleva aparejado un aumento de la producción de energía, las emisiones de GEI y los costos de mitigación. Por el contrario, las emisiones pueden reducirse sustancialmente si cambian los patrones de consumo (esta cuestión se trata con mayor detalle en la sección 4.3). La aceptabilidad social y la eficacia de las políticas climáticas están influidas por el grado en que incentivan los cambios apropiados a nivel regional en los estilos de vida o los comportamientos o el grado en que dependen de ellos. Del mismo modo, los medios de subsistencia que dependen de sectores o recursos sensibles al clima pueden ser especialmente vulnerables al cambio climático y a las políticas sobre el cambio climático. El desarrollo económico y la urbanización de los paisajes expuestos a los peligros climáticos pueden aumentar la exposición de los asentamientos humanos y reducir la resiliencia de los sistemas naturales. {GTII RRP A-2, RRP B-2, cuadro RRP.1, RT A-1, RT A-2, RT C-1, RT C-2, 16.3.2.7, GTIII RRP.4.2, RT.2.2, 4.2}

En muchas regiones y sectores, el aumento de la capacidad de mitigación y adaptación es uno de los elementos clave para gestionar los riesgos del cambio climático (*nivel de confianza alto*). Estas capacidades son específicas del lugar y el contexto y no existe, por lo tanto, ningún método único de reducción de riesgos que resulte adecuado para todas las situaciones. Por ejemplo, las naciones en desarrollo con bajos ingresos tienen las capacidades financieras, tecnológicas e institucionales más bajas para seguir trayectorias de desarrollo bajas en carbono que favorezcan la resiliencia al clima. Aunque, en general, los países desarrollados tienen una mayor capacidad relativa para gestionar los riesgos del cambio climático, esto no significa necesariamente que

Cuadro 4.1 | Factores comunes que limitan la aplicación de las opciones de adaptación y mitigación

Factor limitante	Posibles implicaciones para la adaptación	Posibles implicaciones para la mitigación
Externalidades adversas del crecimiento demográfico y la urbanización	Aumento de la exposición de las poblaciones humanas a la variabilidad del clima y al cambio climático, así como la demanda de recursos naturales y servicios ambientales, y las presiones sobre estos <i>{GTII 16.3.2.3, recuadro 16-3}</i>	Impulso del crecimiento económico, la demanda de energía y el consumo de energía, que llevan aparejado un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero <i>{GTIII RRP.3}</i>
Déficits de conocimientos, educación y capital humano	Reducción de las percepciones nacionales, institucionales e individuales de los riesgos que conlleva el cambio climático, así como de los costos y los beneficios de las diferentes opciones de adaptación <i>{GTII 16.3.2.1}</i>	Reducción de la percepción nacional, institucional e individual del riesgo y la voluntad de cambiar las pautas y prácticas de comportamiento y adoptar innovaciones sociales y tecnológicas para reducir las emisiones <i>{GTIII RRP.3, RRP.5.1, 2.4.1, 3.10.1.5, 4.3.5, 9.8, 11.8.1}</i>
Divergencias en las actitudes, los valores y los comportamientos sociales y culturales	Reducción del consenso social respecto de los riesgos climáticos y, por lo tanto, la demanda de políticas y medidas de adaptación específicas <i>{GTII 16.3.2.7}</i>	Influencia en las pautas de emisión, las percepciones sociales de la utilidad de las políticas y las tecnologías de mitigación, y la voluntad de promover comportamientos y tecnologías sostenibles <i>{GTIII RRP.2, 2.4.5, 2.6.6.1, 3.7.2.2, 3.9.2, 4.3.4, 5.5.1}</i>
Problemas relacionados con arreglos institucionales y de gobernanza	Reducción de la capacidad de coordinar las políticas y las medidas de adaptación y fomento de la capacidad de los agentes para planificar y aplicar la adaptación <i>{GTII 16.3.2.8}</i>	Menoscabo de las políticas, los incentivos y la cooperación con respecto de la formulación de políticas de mitigación y la aplicación en la práctica de tecnologías energéticas eficientes, neutras en carbono y renovables <i>{GTIII RRP.3, RRP.5.2, 4.3.2, 6.4.3, 14.1.3.1, 14.3.2.2, 15.12.2, 16.5.3}</i>
Falta de acceso a financiación nacional e internacional en relación con el clima	Reducción de la escala de la inversión en políticas y medidas de adaptación y, por lo tanto, la eficacia de las mismas <i>{GTII 16.3.2.5}</i>	Reducción de la capacidad de las naciones desarrolladas y, especialmente, las naciones en desarrollo para promover políticas y tecnologías que reduzcan las emisiones <i>{GTIII RT.4.3, 12.6.2, 16.2.2.2}</i>
Tecnología inadecuada	Reducción de la gama de opciones de adaptación disponibles, así como su eficacia, para reducir o evitar el riesgo de aumento de los índices o las magnitudes del cambio climático <i>{GTII 16.3.2.1}</i>	Disminución de la velocidad en la que la sociedad puede reducir la intensidad de carbono de los servicios energéticos y la transición hacia tecnologías que emiten bajos niveles de carbono o son neutras en carbono <i>{GTIII RT.3.1.3, 4.3.6, 6.3.2.2, 11.8.4}</i>
Calidad y/o cantidad insuficiente de recursos naturales	Reducción del límite de tolerancia de los agentes, la vulnerabilidad a los factores no climáticos y la competencia potencial por los recursos que aumenta la vulnerabilidad <i>{GTII 16.3.2.3}</i>	Reducción de la sostenibilidad a largo plazo de las diferentes tecnologías energéticas <i>{GTIII 4.3.7, 4.4.1, 11.8.3}</i>
Déficits de adaptación y desarrollo	Aumento de la vulnerabilidad a la variabilidad actual del clima, así como al cambio climático futuro <i>{GTII RT A-1, cuadro RT 5.16.3.2.4}</i>	Reducción de la capacidad de mitigación y menoscabo de los esfuerzos de cooperación internacional en el ámbito del clima debido a un legado controvertido en materia de cooperación para el desarrollo <i>{GTIII 4.3.1, 4.6.1}</i>
Desigualdad	Traslado de los impactos del cambio climático y la carga de la adaptación a los más vulnerables de manera desproporcionada y/o su transferencia a las generaciones futuras <i>{GTII RT B-2, recuadro RT 4, recuadro 13-1, 16.7}</i>	Limitación de la capacidad de los países en desarrollo con bajos ingresos, o de las distintas comunidades o sectores dentro de las naciones, de contribuir a la mitigación de los gases de efecto invernadero <i>{GTIII 4.6.2.1}</i>

apliquen medidas de adaptación y mitigación. *{GTII RRP B-1, RRP B-2, RT B-1, RT B-2, 16.3.1.1, 16.3.2, 16.5, GTIII RRP.5.1, RT.4.3, RT.4.5, 4.6}*

La mejora de las instituciones y la intensificación de la coordinación y la cooperación en materia de gobernanza pueden ayudar a superar las limitaciones regionales asociadas a la mitigación, la adaptación y la reducción de riesgos de desastre (*nivel de confianza muy alto*). A pesar de que existe una amplia variedad de instituciones multilaterales, nacionales y subnacionales centradas en la adaptación y la mitigación, las emisiones globales de GEI continúan aumentando y las necesidades de adaptación identificadas no se han abordado adecuadamente. Para aplicar opciones de adaptación y mitigación efectivas pueden ser necesarias nuevas instituciones y arreglos institucionales en diferentes escalas (*nivel de confianza medio*) (cuadro 4.1). *{GTII RRP B-2, RT C-1, 16.3.2.4, 16.8, GTIII RRP.4.2.5, RRP.5.1, RRP.5.2, RT.1, RT.3.1.3, RT.4.1, RT.4.2, RT.4.4}*

## 4.2 Opciones de respuesta de la adaptación

Existen opciones de adaptación en todos los sectores, pero su contexto de aplicación y potencial para disminuir los riesgos relacionados con el clima es diferente entre los distintos sectores y regiones. Algunas respuestas de adaptación conllevan importantes cobeneficios, sinergias y contrapartidas. Cuanto mayor sea la magnitud del cambio climático mayores serán los desafíos para muchas de las opciones de adaptación.

Las personas, los gobiernos y el sector privado están comenzando a adaptarse al clima cambiante. Desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, ha aumentado la comprensión de las opciones de respuesta y se han mejorado los conocimientos de sus beneficios, costos y vínculos con el desarrollo sostenible. La

**Cuadro 4.2 | Enfoques para la gestión de los riesgos del cambio climático mediante la adaptación.** Estos enfoques deberían considerarse de forma solapada y no como enfoques discretos, y a menudo son enfoques que se persiguen simultáneamente. Los ejemplos se presentan sin ningún orden específico y pueden ser pertinentes para más de una categoría. [GTII cuadro RRP.1]

Enfoques solapados	Categoría	Ejemplos	Referencias del GTII
Reducción de la vulnerabilidad y la exposición 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, cuadro 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 ex situ; 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
		<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
Institucional	<b>Opciones económicas:</b> Incentivos financieros; Seguros; Bonos de catástrofe; Pago por los servicios ecosistémicos; Tarifación 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	
	<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	
Social	<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; Uso 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	
	<b>Opciones de comportamiento:</b> Preparación de viviendas y planificación de la evaluación; Migración; Conservación del suelo y el agua; Desatascos 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	
Esferas de cambio	<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 influyan en las respuestas al cambio climático.	14.2-3, 20.5, 25.4, cuadro 14-1	

adaptación puede adoptar diversos enfoques en función del contexto de reducción de la vulnerabilidad, la gestión de riesgos de desastre o la planificación proactiva de la adaptación, entre los que cabe mencionar (en el cuadro 4.2 figuran ejemplos e información detallada):

- el desarrollo social, de los activos ecológicos y de la infraestructura
- la optimización de los procesos tecnológicos
- la ordenación integrada de los recursos naturales
- los cambios o refuerzos institucionales, educativos y de la conducta
- los servicios financieros, en particular la transferencia del riesgo
- los sistemas de información para facilitar la alerta temprana y la planificación dinámica

Cada vez es mayor el reconocimiento del valor de las medidas sociales (en particular, locales y autóctonas), institucionales y basadas en el ecosistema, y la amplitud de las limitaciones de adaptación. En las estrategias y las medidas eficaces se contemplan los cobeneficios y las oportunidades posibles en el marco de objetivos estratégicos y planes de desarrollo más amplios. {GTII RRP A-2, RRP C-1, RT A-2, 6.4, 8.3, 9.4, 15.3}

**Existen diferentes oportunidades que permiten planificar y aplicar la adaptación en todos los sectores y las regiones, con un potencial y enfoques diversos en función del contexto. Se prevé que la necesidad de adaptación, junto con las dificultades conexas, aumentará con el cambio climático (nivel de confianza muy alto).** A continuación se resumen algunos ejemplos de enfoques de adaptación clave para sectores específicos, incluidos sus restricciones y límites. {GTII RRP B, RRP C, 16.4, 16.6, 17.2, 19.6, 19.7, cuadro 16.3}

#### **Recursos de agua dulce**

**Las técnicas de gestión adaptativa de los recursos hídricos, como la planificación de escenarios, los enfoques basados en el aprendizaje y las soluciones flexibles y de bajo riesgo contribuyen a la adaptación a los cambios hidrológicos inciertos provocados por el cambio climático y sus impactos (evidencia limitada, nivel de acuerdo alto).** Las estrategias comprenden la adopción de una gestión integrada de los recursos hídricos, el aumento del abastecimiento, la reducción del desajuste entre la oferta y la demanda de agua, la disminución de los factores de estrés, el refuerzo de las capacidades institucionales y la adopción de tecnologías eficientes para el agua y estrategias de ahorro de agua. {GTII RRP B-2, recuadro de evaluación RRP.2 cuadro 1, RRP B-3, 3.6, 22.3-22.4, 23.4, 23.7, 24.4, 27.2-27.3, recuadro 25-2}

#### **Ecosistemas terrestres y de agua dulce**

**Las medidas de gestión 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 (nivel de confianza alto).** Entre estas medidas cabe destacar 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. Las opciones de gestión que

reducen los factores de estrés no climáticos, como la modificación de los hábitats, la sobreexplotación, la contaminación y las especies invasoras, aumentan la capacidad inherente de adaptación al clima cambiante de los ecosistemas y sus especies. Entre otras opciones, cabe destacar la mejora de los sistemas de alerta temprana y los sistemas de respuesta relacionados. El refuerzo de la conectividad de los sistemas vulnerables también puede contribuir a la adaptación autónoma. El cambio de ubicación de especies es controvertido y, previsiblemente, será menos viable en los lugares donde estén en riesgo ecosistemas completos. {GTII RRP B-2, RRP B-3, figura RRP.5, cuadro RT.8, 4.4, 25.6, 26.4, recuadro CC-CF}

#### **Sistemas costeros y zonas de baja altitud**

**Cada vez más, para la adaptación costera se contemplan opciones que se basan en la gestión integrada de las zonas costeras, en la participación de las comunidades locales, en los enfoques ecosistémicos y en la reducción de riesgos de desastre, y que se integran en estrategias y planes de gestión pertinentes (nivel de confianza alto).** El análisis y aplicación de la adaptación costera ha avanzado más significativamente en los países desarrollados que en los países en desarrollo (nivel de confianza alto). Se prevé que los costos relativos de la adaptación costera variarán enormemente entre las diversas regiones y países y dentro de ellos. {GTII RRP B-2, RRP B-3, 5.5, 8.3, 22.3, 24.4, 26.8, recuadro 25-1}

#### **Sistemas marinos y océanos**

**Tanto la predicción marina y los sistemas de alerta temprana como la reducción de los factores de estrés no climáticos tienen el potencial de reducir los riesgos para algunas industrias de la pesca y la acuicultura, pero las opciones para los ecosistemas únicos, como los arrecifes de coral, son limitadas (nivel de confianza alto).** La pesca y algunas industrias de la acuicultura que disponen de alta tecnología o suponen grandes inversiones poseen gran capacidad de adaptación debido al mayor desarrollo de su vigilancia ambiental, modelización y evaluaciones de recursos. Las opciones de adaptación comprenden el cambio de ubicación a gran escala de las actividades pesqueras industriales y la gestión flexible con capacidad para reaccionar a la variabilidad y el cambio. Para la pesca a menor escala y los países con capacidad adaptativa limitada, cabe destacar estrategias como la construcción de resiliencia social, medios de subsistencia alternativos y flexibilidad ocupacional. Las opciones de adaptación para los sistemas de arrecifes de coral se limitan generalmente a la reducción de otros factores de estrés, principalmente por medio de la mejora de la calidad del agua y la limitación de las presiones del turismo y la pesca, pero su eficacia se ve seriamente reducida a medida que aumentan el estrés térmico y la acidificación del océano. {GTII RRP B-2, RRP recuadro de evaluación RRP.2 cuadro 1, RT B-2, 5.5, 6.4, 7.5, 25.6.2, 29.4, 30.6-7, recuadro CC-BM, recuadro CC-AC}

#### **Sistemas de producción de alimentos/zonas rurales**

Las opciones de adaptación para la agricultura comprenden respuestas tecnológicas, la mejora del acceso de los pequeños agricultores al crédito y otros recursos de producción esenciales, el fortalecimiento de las instituciones a nivel entre local y regional y la mejora del acceso a los mercados mediante la

**Cuadro 4.3** | Ejemplos de posibles contrapartidas asociadas a un conjunto ilustrativo de opciones de adaptación que podrían ser aplicadas por los agentes para alcanzar objetivos de gestión específicos. {GTII cuadro 16-2}

Sector	Objetivo de adaptación del agente	Opción de adaptación	Contrapartida real o percibida
Agricultura	Mejora de la resistencia a la sequía y las plagas; mejora del rendimiento	Biotecnología y cultivos genéticamente modificados	Riesgo percibido para la salud y la seguridad pública; riesgos ecológicos asociados con la introducción en entornos naturales de nuevas variantes genéticas
	Provisión de una red de protección financiera a los agricultores para garantizar la continuidad de las explotaciones agrícolas	Asistencia subsidiada en caso de sequía; seguros de cosechas	Daños morales y desigualdades distributivas si no se administra adecuadamente
	Mantenimiento o mejora del rendimiento de los cultivos; combatir las plagas agrícolas oportunistas y las especies invasoras	Aumento del uso de fertilizantes químicos y plaguicidas	Aumento de la descarga de nutrientes y contaminación química en el medio ambiente; efectos adversos del uso de plaguicidas en especies no buscadas; aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero; aumento de la exposición humana a contaminantes
Biodiversidad	Mejora de la capacidad de adaptación y migración natural a las condiciones climáticas cambiantes	Corredores migratorios; ampliación de los espacios protegidos	Eficacia desconocida; preocupación por los derechos de propiedad en relación con la adquisición de tierras; problemas de gobernanza
	Mejora de las protecciones reglamentarias para especies que pueden estar en riesgo debido cambios climáticos y no climáticos	Protección de hábitats críticos para especies vulnerables	Abordaje de las presiones secundarias, en lugar de las primarias, sobre las especies; preocupación por los derechos de propiedad; obstáculos reglamentarios al desarrollo económico regional
	Contribución a la conservación de especies valiosas mediante el desplazamiento de poblaciones a zonas alternativas a medida que el clima cambia	Migración asistida	Dificultad para predecir el éxito final de la migración asistida; posibles impactos adversos en la flora y la fauna autóctonas provocados por la introducción de especies en nuevas regiones ecológicas
Costas	Proporcionar protección a los activos financieros contra inundaciones y la erosión a corto plazo	Rompeolas	Elevados costos directos y de oportunidad; problemas de equidad; impactos ecológicos sobre los humedales costeros
	Respeto del curso natural de los procesos costeros y ecológicos; reducción del riesgo a largo plazo para los bienes y los activos	Abandono gestionado	Vulneración de los derechos de propiedad privada; problemas significativos de gobernanza asociados a la ejecución
	Preservación de la salud y la seguridad públicas; reducción al mínimo de los daños materiales y el riesgo de activos inmovilizados	Migración desde zonas de baja altitud	Pérdida del sentimiento de pertenencia y la identidad cultural; deterioro de las relaciones de parentesco y los lazos familiares; impactos en las comunidades receptoras
Gestión de los recursos hídricos	Aumento de la fiabilidad de los recursos hídricos y la resiliencia ante la sequía	Desalinización	Riesgo ecológico por descargas salinas; alta demanda energética y emisiones de carbono asociadas; desincentivos a la conservación
	Maximización de la eficiencia de la gestión y el uso del agua; aumento de la flexibilidad	Comercio del agua	Menoscabo de los aspectos de bien público/sociales del agua
	Mejora de la eficiencia de los recursos hídricos disponibles	Reciclaje/reutilización del agua	Riesgo percibido para la salud y la seguridad públicas

4

**reforma del comercio (nivel de confianza medio).** Las respuestas a la disminución de la producción y la calidad de los alimentos comprenden el desarrollo de nuevas variedades de cultivos adaptadas a los cambios en el CO<sub>2</sub>, la temperatura y la sequía, la mejora de la capacidad de gestión de los riesgos climáticos y la compensación de los impactos económicos del cambio de uso del suelo. También pueden resultar beneficiosas la mejora del apoyo financiero y la inversión en la producción de pequeñas explotaciones agrícolas. La ampliación de los mercados agrícolas y la mejora de la previsibilidad y la fiabilidad del sistema de comercio mundial podrían reducir de la volatilidad de los mercados y ayudar a gestionar la escasez de alimentos provocada por el cambio climático. {GTII RRP B-2, RRP B-3, 7.5, 9.3, 22.4, 22.6, 25.9, 27.3}

**Zonas urbanas/sectores y servicios económicos fundamentales**  
**La adaptación urbana se mejora con la gobernanza eficaz 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 financiación y el desarrollo institucional adecuados (nivel de confianza medio).** También puede ser una estrategia eficaz de adaptación al clima urbano la mejora de la capacidad de los grupos de bajos ingresos y las comunidades vulnerables, así como sus asociaciones con los gobiernos locales. Como ejemplos de mecanismos de adaptación cabe destacar las iniciativas de reducción de riesgos público-privadas a gran escala, la diversificación económica y los seguros gubernamentales para la parte no diversificable del riesgo. En algunos lugares, especialmente si están en los límites máximos de los cambios climáticos previstos, las respuestas también podrían requerir la aplicación de cambios transformacionales como, por ejemplo, el abandono gestionado. {GTII RRP B-2, 8.3-8.4, 24.4, 24.5, 26.8, recuadro 25-9}

### Salud humana, seguridad y medios de subsistencia

Las opciones de adaptación que se centran en el fortalecimiento de los sistemas de prestación de servicios y las instituciones existentes, así como en las estrategias de seguros y protección social, pueden mejorar la salud, la seguridad y los medios de subsistencia a corto plazo (*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, aseguran una asistencia sanitaria esencial que comprenda servicios de vacunación y salud infantil, aumentan la capacidad de preparación y respuesta frente a los desastres y alivian de la pobreza (*nivel de confianza muy alto*). Entre las opciones para abordar la mortalidad asociada al calor cabe destacar los sistemas de alerta sobre olas de calor y riesgos para la salud vinculados a las estrategias de respuesta, la planificación urbana y las mejoras en la ordenación urbana para reducir el estrés térmico. Las instituciones suficientemente robustas pueden gestionar muchos impactos transfronterizos del cambio climático para reducir el riesgo de conflictos sobre los recursos naturales compartidos. Los programas de seguros, las medidas de protección social y la gestión de riesgos de desastre pueden contribuir a la mejora a largo plazo de la resiliencia de los medios de subsistencia de los pobres y los marginados, siempre y cuando las políticas aborden las múltiples dimensiones de la pobreza. {GTII RRP B-2, RRP B-3, 8.2, 10.8, 11.7-11.8, 12.5-12.6, 22.3, 23.9, 25.8, 26.6, recuadro CC-EC}

**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 y los sectores como entre ellos (*nivel de confianza muy alto*).** Por ejemplo, la inversión en variedades de cultivos adaptadas al cambio climático puede aumentar la capacidad para hacer frente a la sequía. Asimismo, las medidas de salud pública para combatir las enfermedades transmitidas por vectores pueden mejorar la capacidad de los sistemas de salud para abordar otros desafíos. Del mismo modo, la ubicación de infraestructuras lejos de las zonas costeras bajas ayuda a que los asentamientos y los ecosistemas se adapten a la elevación del nivel del mar y al mismo tiempo se protejan contra tsunamis. Sin embargo, algunas opciones de adaptación pueden tener efectos colaterales adversos que conlleven contrapartidas reales o percibidas respecto de otros objetivos de adaptación (véanse ejemplos en el cuadro 4.3), objetivos de mitigación u objetivos de desarrollo más amplios. Por ejemplo, aunque la protección de los ecosistemas puede contribuir a la adaptación al cambio climático y al aumento del almacenamiento de carbono, el aumento del uso de aire acondicionado para mantener el bienestar térmico en los edificios o el uso de la desalinización para mejorar la seguridad de los recursos hídricos puede aumentar la demanda de energía, y por lo tanto, las emisiones de GEI. {GTII RRP B-2, RRP C-1, 5.4.2, 16.3.2.9, 17.2.3.1, cuadro 16-2}

## 4.3 Opciones de respuesta de la mitigación

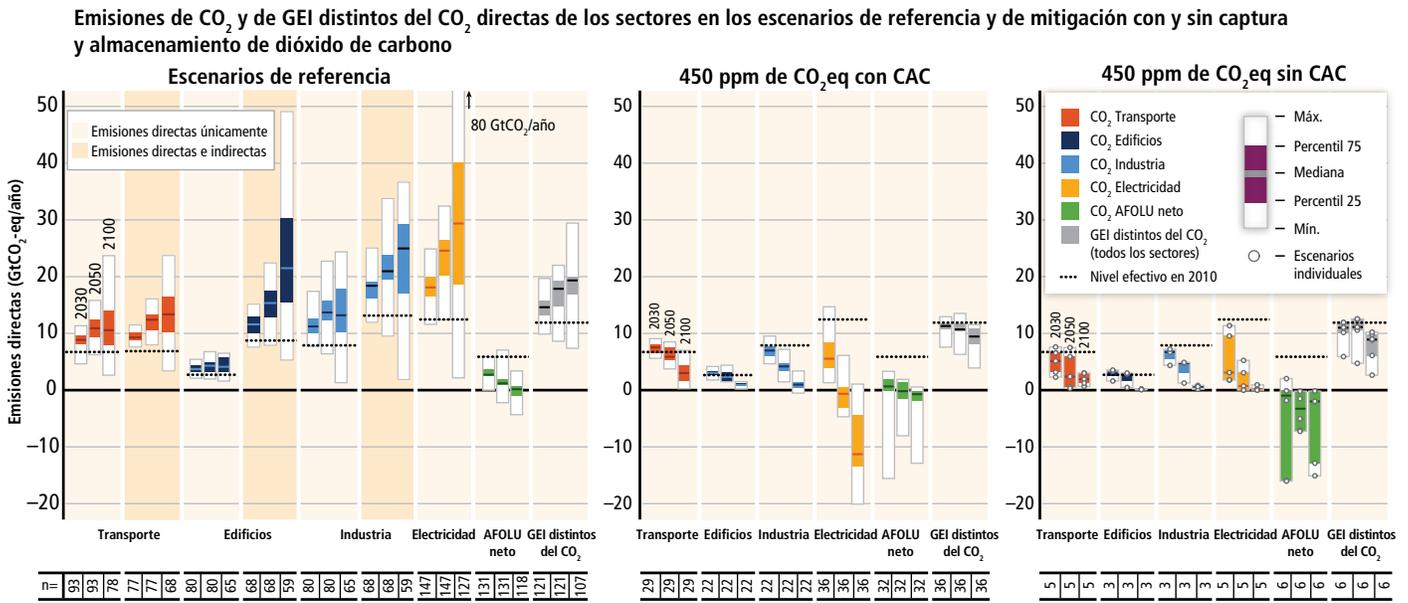
Para todos los sectores principales existen opciones de mitigación. La mitigación puede ser más costo-efectiva si se utiliza un enfoque integrado que combine medidas dirigidas a reducir en los sectores de uso final el empleo de la energía y la intensidad de los gases de efecto invernadero, descarbonizar el suministro de energía, reducir las emisiones netas e impulsar los sumideros de carbono en los sectores basados en tierra.

**Existe una amplia gama de opciones de mitigación sectoriales que pueden reducir la intensidad de las emisiones de GEI, mejorar la intensidad energética por medio de mejoras en la tecnología, el comportamiento, la eficiencia de la producción y los recursos y permitir cambios estructurales o cambios de actividad.** Además, entre las diversas opciones directas en el ámbito de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) cabe destacar la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la reducción de la deforestación, la degradación de los bosques y los incendios forestales; el almacenamiento de carbono en los sistemas terrestres (p. ej., mediante la reforestación); y la producción de materias primas bioenergéticas. Existen opciones para reducir las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> en todos los sectores, en particular en la agricultura, el suministro de energía y la industria. En el cuadro 4.4 se presenta una visión de conjunto de las opciones y posibilidades de mitigación sectoriales. {GTIII RT.3.2.1}

**Para reducir las emisiones, resulta más costo-efectivo aplicar estrategias de mitigación sistémicas e intersectoriales bien diseñadas que centrarse en tecnologías y sectores concretos, ya que las medidas en un sector determinan las necesidades de mitigación en otros (*nivel de confianza medio*).** En los escenarios de referencia que carecen de nuevas políticas de mitigación se prevé un aumento de las emisiones de GEI en todos los sectores, a excepción de las emisiones netas de CO<sub>2</sub> en el sector AFOLU (figura 4.1, gráfico de la izquierda). En los escenarios de mitigación en los que la concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente<sup>42</sup> alcanza un nivel de alrededor de 450 ppm en 2100<sup>43</sup> (en los que es probable que se limite el calentamiento a 2° C por encima de los niveles preindustriales), el sector de suministro de energía registra cambios a gran escala a nivel mundial (figura 4.1, gráficos central y derecho). Si bien la descarbonización rápida del suministro de energía permite una flexibilización mayor del sector de uso final y el sector AFOLU, la reducción sustancial de la demanda alivia los problemas de mitigación del suministro energético (figuras 4.1 y 4.2). Por lo tanto, existen fuertes interdependencias entre los diversos sectores, y la distribución resultante de los esfuerzos de mitigación está fuertemente influida por la disponibilidad y el rendimiento de las tecnologías del futuro, en particular la bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) y la forestación a gran escala (figura 4.1, gráficos central y derecho). Los próximos dos decenios presentan grandes oportunidades para la mitigación en las zonas urbanas en todo el mundo, puesto que una gran proporción de las mismas se desarrollarán durante ese periodo. {GTIII RRP.4.2, RT.3.2}

<sup>42</sup> Véase en el glosario las definiciones de concentración y emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente y en el recuadro 3.2 las métricas para calcular el CO<sub>2</sub>-equivalente de las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> y su influencia en las estrategias de disminución de los sectores.

<sup>43</sup> A efectos de comparación, se calcula que la concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente en 2011 es de 430 [340-520] ppm.



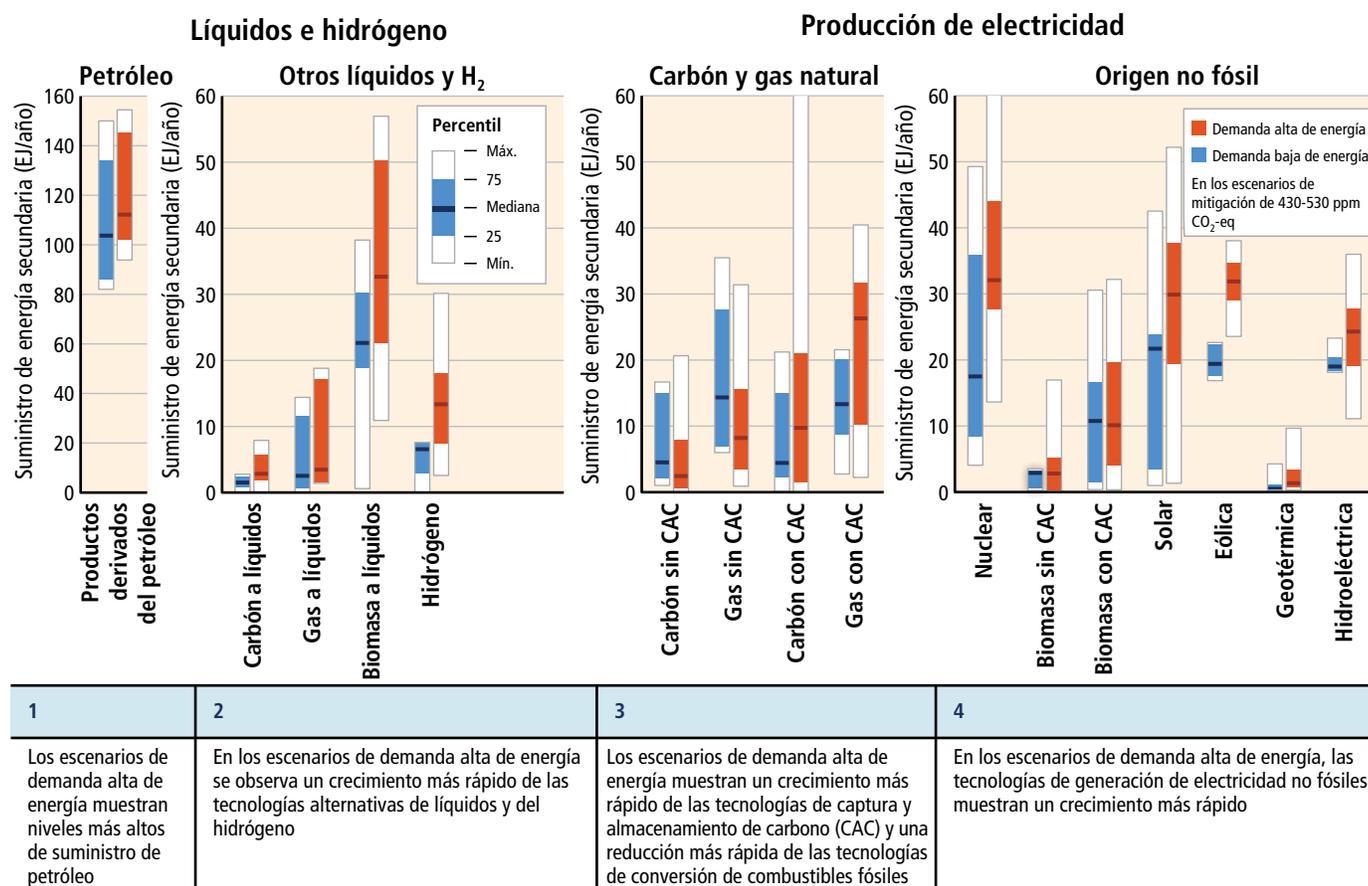
**Figura 4.1** | Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y gases de efecto invernadero (GEI) distintos del CO<sub>2</sub> (enumerados en el Protocolo de Kyoto) por sector en los escenarios de referencia (gráfico izquierdo) y en los escenarios de mitigación en los que se llega a aproximadamente 450 (430-480) ppm CO<sub>2</sub>-eq (en los que es probable que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales) con captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) (gráfico central) y sin CAC (gráfico de la derecha). El fondo amarillo-rosado claro indica las emisiones directas de CO<sub>2</sub> y GEI distintos del CO<sub>2</sub> en los escenarios de referencia y en los escenarios de mitigación. Además, para los escenarios de referencia, también se indica en color amarillo-rosado oscuro la suma de las emisiones directas e indirectas de los sectores de uso final de la energía (transporte, edificios e industria). Los escenarios de mitigación muestran solo las emisiones directas. Sin embargo, la mitigación en los sectores de uso final provoca también una reducción de las emisiones indirectas en el sector de la generación energética. Por lo tanto, las emisiones directas de los sectores de uso final no incluyen el potencial de reducción de las emisiones del suministro, por ejemplo, debido a la disminución de la demanda de electricidad. Obsérvese que, para determinar las emisiones indirectas de los sectores de uso final, solo se calculan las emisiones del suministro de energía. Los valores que aparecen en la parte inferior de los gráficos se refieren al número de escenarios incluidos en el rango, que son diferentes en los distintos sectores y escalas temporales debido a la variación de la resolución sectorial y el horizonte temporal de los modelos. Asimismo, cabe señalar que muchos modelos no pueden llegar a una concentración aproximada de 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 sin CAC, por lo que es menor el número de escenarios del gráfico de la derecha. Las emisiones negativas del sector eléctrico se deben a la utilización de bioenergía con CAC (BECCS). Las emisiones netas del sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) comprenden las actividades de forestación, reforestación y deforestación. {GTIII figura RRP.7, figura RT.15}

**La descarbonización (esto es, la reducción de la intensidad de carbono) de la generación de electricidad es un componente clave de las estrategias costo-efectivas de mitigación para lograr niveles de estabilización con bajas emisiones de carbono (de aproximadamente 450 a 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq, para las que sea al menos tan probable como improbable que el cambio de temperatura se limite a 2° C en relación con los niveles preindustriales) (evidencia media, nivel de acuerdo alto).** En la mayoría de los escenarios de modelización integrados, la descarbonización ocurre más rápidamente en el sector de la generación de electricidad que en los sectores de la industria, los edificios y el transporte. En los escenarios en los que se alcanzan concentraciones de 450 ppm CO<sub>2</sub>-eq para el año 2100, las proyecciones indican una disminución de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> procedentes del sector del suministro energético durante el próximo decenio y una reducción del 90% o superior por debajo de los niveles de 2010 entre 2040 y 2070. {GTIII RRP.4.2, 6.8, 7.11}

**La mejora de la eficiencia y los cambios de comportamiento son estrategias de mitigación clave en los escenarios en los que se alcanzan concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>-equivalente de aproximadamente 450 a 500 ppm en 2100 para reducir la demanda energética en comparación con los escenarios de referencia sin que se comprometa el desarrollo (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** Las reducciones de la demanda de energía a corto plazo son un elemento importante en las estrategias de mitigación costo-efec-

tivas, confieren mayor flexibilidad para reducir la intensidad de las emisiones de carbono en el sector del suministro energético, protegen contra los riesgos de la oferta, evitan el efecto de bloqueo en infraestructuras que emiten mucho carbono, y están asociadas a importantes cobeneficios (figura 4.2, cuadro 4.4). Las emisiones pueden reducirse sustancialmente mediante cambios en los patrones de consumo (p. ej., demanda y modalidad de movilidad, uso de la energía en los hogares o elección de productos más duraderos), cambios en la dieta y la reducción de los residuos alimentarios. Diversas opciones entre las que cabe destacar los incentivos monetarios y no monetarios así como medidas de información pueden facilitar el cambio de comportamiento. {GTIII RRP.4.2}

**La descarbonización (es decir, la reducción de la intensidad de carbono) del sector del suministro energético requiere un aumento de escala de las tecnologías de generación eléctrica con un nivel bajo o nulo de emisiones de carbono (nivel de confianza alto).** En la mayoría de los escenarios de estabilización con baja concentración (de aproximadamente 450 a 550 ppm CO<sub>2</sub>-eq, en los que es al menos tan probable como improbable que el cambio de temperatura se limite a 2° C en relación con los niveles preindustriales), la proporción del suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono (que comprende las energías renovables, la energía nuclear y la captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC), incluida la bioenergía con CAC (BECCS)) aumenta la proporción actual de aproximadamente el 30% a más del 80% en 2050 y al 90% en 2100, al tiempo que



**Figura 4.2 |** Influencia de la demanda energética en el despliegue de tecnologías de suministro energético en 2050 para los escenarios de mitigación en los que se alcanzan concentraciones de aproximadamente 450 a 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 (en los que es al menos *tan probable como improbable* que el cambio de temperatura se limite a 2 °C en relación con los niveles preindustriales). Las barras azules indican “baja demanda energética” y representan la gama de escenarios con un crecimiento limitado de la demanda final de energía <20% en 2050 en comparación con 2010. Las barras rojas representan la gama de tecnologías en caso de “alta demanda energética” (crecimiento >20% en 2050 en comparación con 2010). Para cada tecnología se muestra la mediana, el rango intercuartílico y el rango de despliegue completo. Notas: Se excluyen los escenarios con restricciones tecnológicas. Los rangos incluyen los resultados de diferentes modelos integrados. Los resultados multiescenarios correspondientes al mismo modelo se han promediado para evitar sesgos de muestreo. {GTIII figura RT.16}

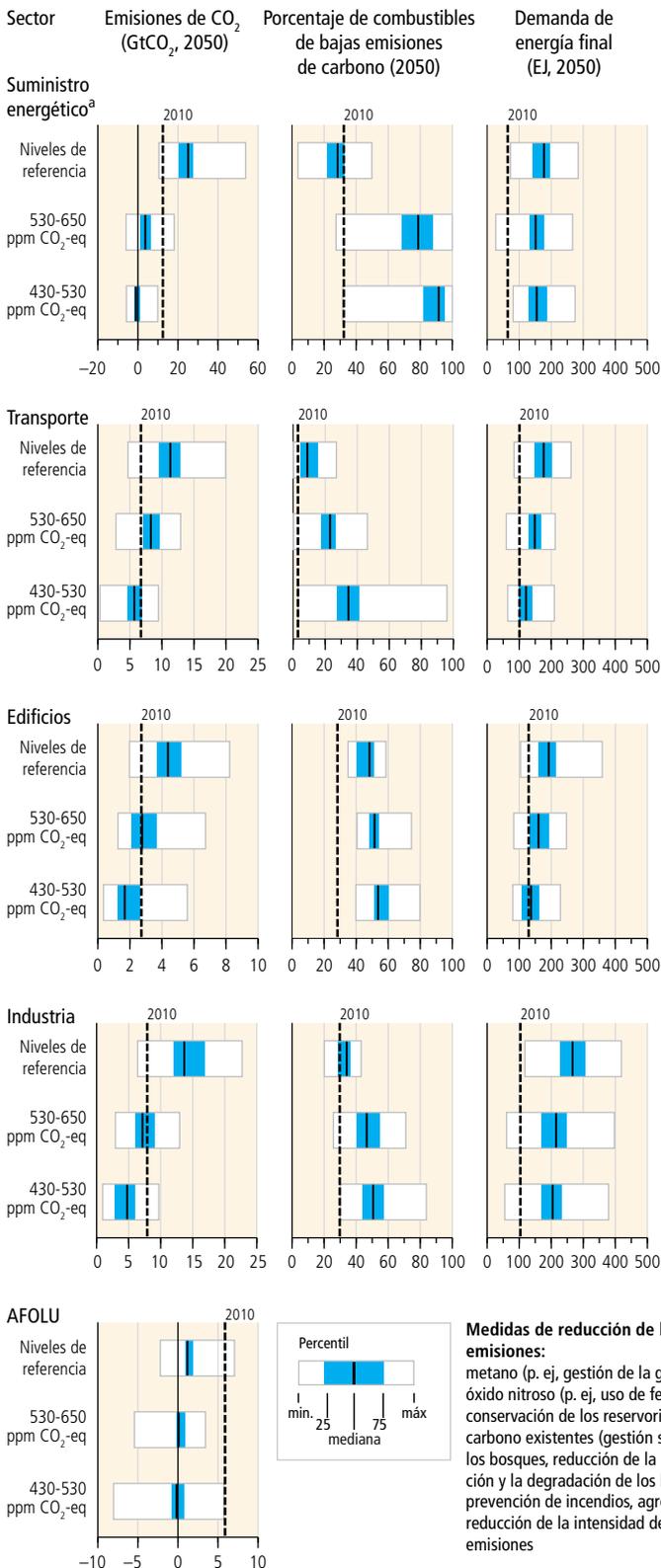
la generación de energía procedente de combustibles fósiles sin CAC se va eliminando de forma gradual hasta prácticamente desaparecer en 2100. Desde el Cuarto Informe de Evaluación, un número cada vez mayor de tecnologías de energía renovable con bajas emisiones de carbono han alcanzado un nivel de madurez que permite su implantación a una escala significativa (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). A su vez, la energía nuclear es una fuente madura de energía de base con bajas emisiones de GEI, pero el porcentaje que representa en la generación de energía mundial ha ido disminuyendo (desde 1993). Las emisiones de GEI procedentes del suministro de energía pueden reducirse significativamente mediante la sustitución de las centrales eléctricas de carbón más comunes por centrales eléctricas modernas y muy eficientes de ciclo combinado que funcionan con gas natural o centrales de cogeneración de electricidad y calor, siempre que se disponga de gas natural y las emisiones fugitivas asociadas con su extracción y suministro sean bajas o estén mitigadas {GTIII RRP.4.2}

**El comportamiento, el estilo de vida y la cultura tienen una considerable influencia en el uso de la energía y las emisiones asociadas, con gran potencial de mitigación en algunos sectores, en particular cuando complementan a un cambio tecnológico y estructural (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Las**

medidas de mitigación relativas a la técnica y el comportamiento para todas las modalidades de transporte, junto con nuevas inversiones de infraestructura y redesarrollo urbano, podrían hacer que la demanda de energía final se redujera por debajo del nivel de referencia (*evidencia sólida, nivel de acuerdo medio*) (cuadro 4.4). Si bien existen posibilidades de cambiar a combustibles con bajas emisiones de carbono, la tasa de descarbonización del sector del transporte podría verse limitada por los desafíos asociados al almacenamiento de la energía y la relativamente baja densidad energética de los combustibles para el transporte con bajas emisiones de carbono (*nivel de confianza medio*). En el sector de los edificios, los recientes avances en tecnologías, conocimientos técnicos y políticas ofrecen la posibilidad de estabilizar en los niveles actuales o incluso reducir el uso energético a nivel mundial a mediados de este siglo. Además, las grandes mejoras introducidas recientemente en el rendimiento y los costos hacen que los edificios con consumos energéticos muy bajos y los reacondicionamientos resulten atractivos económicamente, a veces incluso con costos negativos netos (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). En el sector de la industria, las mejoras en las emisiones de GEI y la eficiencia en el uso de materiales, el reciclaje y la reutilización de materiales y productos, así como la reducción generalizada de la demanda de productos (p. ej., mediante un uso más intensivo de los mismos) y servicios, además de contribuir a la eficiencia

**Cuadro 4.4 |** Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por sectores, cambios en los sistemas energéticos conexos y ejemplos de medidas de mitigación (incluidas las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub>; véase el recuadro 3.2 para las métricas relativas a la ponderación y la reducción de la emisión de gases distintos del CO<sub>2</sub>). (GTIII RRP.7, figura RPP.8, cuadro RT.2, 7.11.3, 7.13, 7.14)

**Emisiones de CO<sub>2</sub> por sectores y cambios conexos en el sistema energético**



**Ejemplos de medidas de mitigación por sectores**

Opciones clave de energías de bajas emisiones de carbono	Opciones clave de ahorro energético	Otras opciones
Energías renovables (eólica, solar, bioenergía, geotérmica, hidroeléctrica, etc), nuclear, CAC, bioenergía con CAC, reemplazo de combustibles de origen fósil	Mejoras de eficiencia energética de las tecnologías de suministro de energía, mejor transmisión y distribución, generación mixta de calor y electricidad y cogeneración	Control de emisiones fugitivas de CH <sub>4</sub>
Cambio a combustibles de bajas emisiones de carbono (p. ej., hidrógeno/electricidad de fuentes de bajas emisiones de carbono), biocombustibles	Mejoras de la eficiencia (motores, diseño de los vehículos, electrodomésticos, materiales más ligeros), cambio de modalidad (p. ej., de vehículos ligeros al transporte público o del transporte aéreo a vehículos pesados o al ferrocarril), ecoconducción, mejora de la logística del transporte de mercancías, evitación de desplazamientos, mayor índice de ocupación	Planificación de la infraestructura de transporte, planificación urbana
Fuentes de energía renovable integradas en los edificios, cambio a combustibles de bajas emisiones de carbono (p. ej., electricidad de fuentes de bajas emisiones de carbono, biocombustibles)	Eficiencia de los dispositivos (sistemas de calefacción/refrigeración, agua caliente, cocinas, iluminación electrodomésticos), eficiencia sistémica (diseño integrado, edificios de bajo o nulo consumo energético, calefacción/refrigeración central en barrios o ciudades, generación mixta de calor y electricidad, contadores y redes inteligentes), cambios de comportamiento y estilo de vida (p. ej., uso de electrodomésticos, ajuste del termostato, tamaño de la vivienda)	Planificación urbana, vida útil de los edificios, durabilidad de los materiales de construcción y los electrodomésticos, construcción y materiales de bajo consumo de energía y emisiones de GEI
Reducción de las emisiones de los procesos, el uso de residuos y la CAC en la industria, cambio a otros combustibles fósiles y energías de bajas emisiones de carbono (p. ej., electricidad) o biomasa	Eficiencia energética y uso de tecnología óptima disponible (p. ej. hornos/calderas, sistemas de vapor, motores eléctricos y sistemas de control, calderas de recuperación, reciclaje), reducción de la demanda de bienes, reducción de la demanda de bienes, uso más intensivo de los bienes (p.ej, mejora de durabilidad o uso compartido del automóvil)	Reemplazo de HFC y reparación de fugas, eficiencia de materiales (p. ej, innovación en procesos, reutilización de materiales viejos, diseño de productos, etc.)

**Medidas de reducción de las emisiones:** metano (p. ej, gestión de la ganadería), óxido nítrico (p. ej, uso de fertilizantes), conservación de los reservorios de carbono existentes (gestión sostenible de los bosques, reducción de la deforestación y la degradación de los bosques, prevención de incendios, agrosilvicultura), reducción de la intensidad de las emisiones

**Opciones de secuestro:** aumento de los reservorios de carbono existentes (p. ej. forestación, reforestación, sistemas integrados, secuestro de carbono en el suelo).

**Opciones de sustitución:** Uso de productos biológicos en lugar de productos derivados de combustibles fósiles o de altas emisiones de GEI (p. ej. bioenergía, productos aislantes)

**Medidas del lado de la demanda:** Reducción de pérdida y el desperdicio de alimentos, cambios en la dieta humana, uso de productos duraderos derivados de la madera

<sup>a</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub>, las proporciones de combustibles de bajas emisiones de carbono y la demanda de energía final se indican solo para la generación de electricidad.

energética, podrían ayudar a reducir las emisiones de GEI por debajo del nivel de referencia. Los programas de información son uno de los principales métodos para fomentar la eficiencia energética, seguidos de los instrumentos económicos, los enfoques reglamentarios y las acciones voluntarias. Como opciones importantes para la mitigación en la gestión de desechos figuran la reducción de los desechos, seguida de la reutilización, el reciclaje y la recuperación de energía (*evidencia sólida, nivel de acuerdo alto*). {GTIII RRP.4.2, recuadro RT.12, RT.3.2}

**Las opciones de mitigación más costo-efectivas en la silvicultura son la forestación, la ordenación forestal sostenible y la reducción de la deforestación, siendo grandes las diferencias en su importancia relativa entre regiones. En la agricultura, las opciones de mitigación más rentables son la gestión de tierras agrícolas, la gestión de pastizales y la restauración de suelos orgánicos (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*).** Alrededor de un tercio del potencial de mitigación en el sector forestal se puede alcanzar a un costo de emisión de <20 dólares de Estados Unidos por tonelada de CO<sub>2</sub>-eq. Las medidas relacionadas con la demanda, como los cambios en la dieta y la reducción de las pérdidas en la cadena de suministro de alimentos, tienen un potencial significativo, aunque incierto, para reducir las emisiones de GEI procedentes de la producción de alimentos (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). {GTIII RRP.4.2.4}

**La bioenergía puede desempeñar un papel decisivo para la mitigación, pero es necesario considerar distintas cuestiones, como la sostenibilidad de las prácticas y la eficiencia de los sistemas bioenergéticos (*evidencia sólida, nivel de acuerdo medio*).** La evidencia sugiere que las opciones bioenergéticas, algunas de ellas ya disponibles, que generan bajas emisiones en su ciclo de vida pueden reducir las emisiones de GEI; los resultados varían en función del sitio y dependen de que los sistemas de conversión de la biomasa en bioenergía estén integrados de forma eficiente y el uso del suelo se gestione y gobierne de forma sostenible. Entre los obstáculos a la aplicación a gran escala de la bioenergía cabe mencionar las preocupaciones sobre las emisiones de GEI procedentes del suelo, la seguridad alimentaria, los recursos hídricos, la conservación de la biodiversidad y los medios de subsistencia. {GTIII RRP.4.2}

**Las medidas de mitigación tienen elementos comunes con otros objetivos sociales, lo que genera posibilidades de cobeneficios o efectos colaterales adversos. Esos elementos comunes, si se gestionan adecuadamente, pueden fortalecer la base del entendimiento de las actividades de mitigación (*evidencia sólida, nivel de acuerdo medio*).** La mitigación y la adaptación pueden influir de forma positiva o negativa en la consecución de otros objetivos sociales, como los relativos a la salud humana, la seguridad alimentaria, la biodiversidad, la calidad del medio ambiente local, el acceso a la energía, los medios de subsistencia y el desarrollo sostenible equitativo (véase también la sección 4.5). Por otro lado, las políticas encaminadas a alcanzar otros objetivos sociales pueden influir de forma sustancial en la consecución de los objetivos de mitigación y adaptación, aunque a veces resulten difíciles de cuantificar, especialmente en términos de bienestar. Esta perspectiva de múltiples objetivos es importante en parte porque ayuda a identificar las esferas en que se contará con un fuerte apoyo a las políticas que impulsan los progresos de estos objetivos. Los posibles cobeneficios y efectos colaterales adversos de las principales medidas de mitigación por sectores están resumidos en el cuadro 4.5. En general, el

potencial de obtención de cobeneficios relativos a medidas de uso final de la energía es superior al potencial de efectos colaterales adversos, mientras que la evidencia sugiere que este puede no ser el caso para todas las medidas relacionadas con el suministro de energía y la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo. {GTIII RRP.2}

## 4.4 Enfoques de políticas para la adaptación y la mitigación, la tecnología y la financiación

**La eficacia de las respuestas de adaptación y mitigación dependerá de las políticas y medidas que se apliquen en diversas escalas: internacionales, regionales, nacionales y subnacionales. Las políticas que apoyen en todas las escalas el desarrollo, la difusión y la transferencia de tecnología, así como el financiamiento a las respuestas al cambio climático, pueden complementar y potenciar la eficacia de las políticas que promueven de forma directa la adaptación y la mitigación.**

### 4.4.1 Cooperación internacional y regional en materia de adaptación y mitigación

Habida cuenta de que el cambio climático tiene las características de un problema de acción colectiva a escala mundial (véase la sección 3.1), no se logrará una mitigación efectiva si los distintos agentes anteponen sus propios intereses de forma independiente, si bien la mitigación también puede tener cobeneficios a escala local. Son necesarias respuestas conjuntas, incluida la cooperación internacional, para mitigar con efectividad las emisiones de GEI y abordar otras cuestiones del cambio climático. Aunque la adaptación se centra principalmente en los resultados a escala entre local y nacional, su eficacia puede mejorarse mediante la coordinación en todas las escalas de gobernanza, incluida la cooperación internacional. De hecho, la cooperación internacional ha contribuido a facilitar la creación de estrategias, planes y medidas de adaptación a nivel nacional, subnacional y local. Se han empleado diversos instrumentos de política climática y podrían emplearse todavía más a nivel internacional y regional para abordar la mitigación y apoyar y promover la adaptación a escala nacional y subnacional. La evidencia indica que los resultados que se consideran equitativos pueden desencadenar una cooperación más efectiva. {GTIII RRP C-1, 2.2, 15.2, GTIII 13.ES, 14.3, 15.8, SREX RRP, 7.ES}

**La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es el principal foro multilateral centrado en afrontar el cambio climático, con participación casi universal.** Desde 2007, las actividades de la CMNUCC, que incluyen los Acuerdos de Cancún de 2010 y la Plataforma de Durban para una Acción Reforzada de 2011, han tratado de fortalecer las medidas de conformidad con el Convenio y han conducido a un creciente número de instituciones y otros arreglos destinados a la cooperación internacional en relación con el cambio climático. Otras instituciones organizadas a diferentes niveles de gobernanza han dado lugar a la diversificación de la cooperación internacional en relación con el cambio climático. {GTIII RRP.5.2, 13.5}

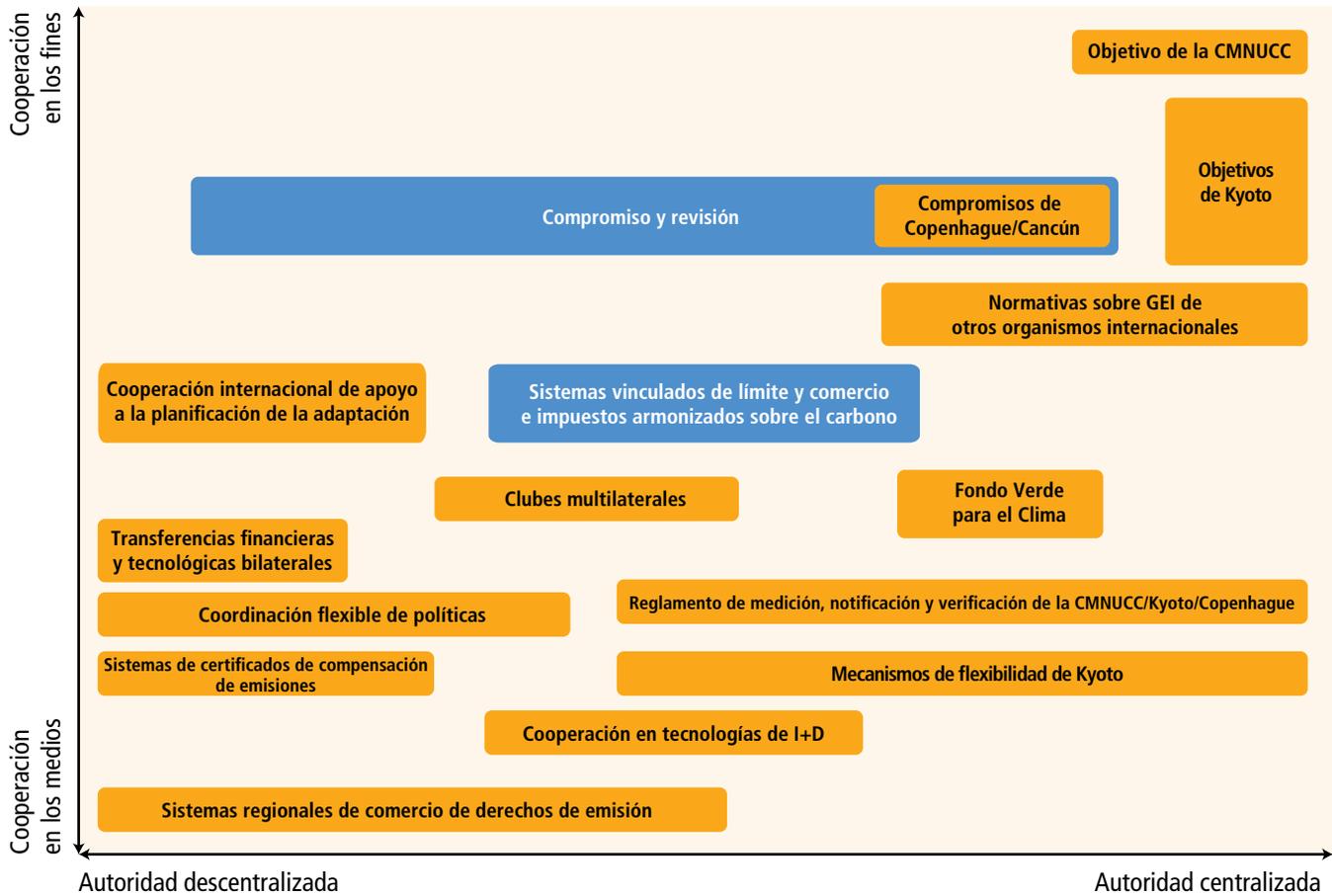
**Cuadro 4.5** | Cobeneficios potenciales (en color azul) y efectos colaterales adversos (en color rojo) de las principales medidas sectoriales de mitigación. Todos los cobeneficios y los efectos colaterales adversos y su efecto positivo o negativo general dependen de las circunstancias locales, así como de la práctica, el ritmo y la magnitud de la aplicación. Véase en la sección 3.4 una evaluación de los efectos macroeconómicos e intersectoriales asociados a las políticas de mitigación. Los calificadores de incertidumbre, entre paréntesis, indican el nivel de evidencia y acuerdo sobre el efecto correspondiente. Abreviaturas para la evidencia: l = limitada, m = media, s = sólida; abreviaturas para el nivel de acuerdo: b = bajo, m = medio, a = alto. [GTIII cuadro RT.3, cuadro RT.4, cuadro RT.5, cuadro RT.6, cuadro RT.7, cuadro 6.7.]

Medidas de mitigación sectoriales		Efectos sobre los objetivos/preocupaciones adicionales	
Económicos		Sociales	
Ambientales		Ambientales	
<b>Suministro de energía</b>	<b>Los posibles efectos del abastecimiento de biomasa para bioenergía figuran en el apartado sobre agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU).</b>		
Sustitución de la energía térmica de carbón por energía nuclear	Seguridad energética (reducción de la exposición a la volatilidad del precio de los combustibles) (m/m); impacto sobre el empleo local (si bien su efecto neto es incierto) (b/m); legado/costo de residuos y reactores abandonados (m/a)	Impacto variable en la salud debido a la disminución de la contaminación atmosférica y los accidentes en la minería del carbón (m/a), accidentes y tratamiento de residuos nucleares, extracción y procesamiento del uranio (m/b); problemas de seguridad y desechos (s/a); riesgo de proliferación (m/m)	Impacto combinado en el ecosistema debido a la reducción de la contaminación atmosférica (m/a) y la extracción del carbón (b/a), accidentes nucleares (m/m)
Sustitución de la energía térmica de carbón por energías renovables (eólica, fotovoltaica, solar por concentración, hidroeléctrica, geotérmica, bioenergía)	Seguridad energética (s/m); impacto sobre el empleo local (si bien su efecto neto es incierto) (m/m); gestión del agua (energía hidroeléctrica) (m/a); medidas suplementarias para satisfacer la demanda (de energía fotovoltaica y eólica y, en menor grado, solar por concentración) (s/a); aumento del uso de metales críticos para la fabricación de células fotovoltaicas y turbinas eólicas de tracción directa (s/m)	Reducción del impacto en la salud debido a la reducción de la contaminación atmosférica (excepto la bioenergía) (s/a) y los accidentes en minas de carbón (m/a); contribución al acceso a la energía (al margen de la red de suministro) (m/a); amenaza de desplazamientos de población (debido a grandes proyectos hidroeléctricos) (m/a)	Impacto combinado en el ecosistema debido a la reducción de la contaminación atmosférica (m/a) y la extracción de carbón (b/a), impacto en el hábitat (energía hidroeléctrica) (m/m), impacto en el paisaje y la fauna y flora silvestres (m/m); disminución/aumento del uso de agua (para generar energía eólica y fotovoltaica) (m/m); bioenergía, energía solar por concentración, geotérmica e hidroeléctrica procedente de embalses (m/a)
Sustitución de la energía térmica de carbón por energía de origen fósil con captura y almacenamiento de dióxido de carbono	Conservación o efecto de bloqueo del capital humano y físico en el sector de los combustibles fósiles (m/m); seguimiento a largo plazo del almacenamiento de CO <sub>2</sub> (m/a)	Impacto en la salud por riesgo de fugas de CO <sub>2</sub> (m/m) y aumento de las actividades en la cadena de suministro de energía (m/a); problemas de seguridad (almacenamiento y transporte de CO <sub>2</sub> ) (m/a)	Impacto en el ecosistema debido a actividades adicionales en el abastecimiento de energía (m/m) y aumento del uso de agua (m/a)
Prevención de fugas, captura o tratamiento de metano	Seguridad energética (posibilidad de usar gas en algunos casos) (b/a)	Reducción del impacto en la salud debido a la disminución de la contaminación atmosférica (m/m); seguridad laboral en la minería del carbón (m/m)	Reducción del impacto en el ecosistema debido a la disminución de la contaminación atmosférica (b/m)
<b>Transporte</b>	<b>Los posibles efectos del abastecimiento de electricidad de energía en el apartado Suministro de energía. Para el suministro de biomasa, véase el apartado AFOLU.</b>		
Reducción de la intensidad de carbono de los combustibles	Seguridad energética (diversificación, disminución de la dependencia del petróleo y la exposición a la volatilidad del precio del petróleo) (m/m); desbordamientos tecnológicos (b/b)	Impacto variable en la salud debido al aumento/reducción de la contaminación atmosférica urbana procedente del uso de electricidad e hidrógeno (s/a), diésel (b/m) y problemas de seguridad vial (b/b), si bien se reduce el impacto en la salud debido a la disminución de la contaminación acústica (b/m) provocada por los vehículos ligeros	Impacto combinado en el ecosistema del uso de electricidad e hidrógeno debido a la reducción de la contaminación atmosférica urbana (m/m) y el uso de materiales (minería insostenible) (b/b)
Reducción de la intensidad energética	Seguridad energética (reducción de la dependencia del petróleo y la exposición a la volatilidad del precio del petróleo) (m/m)	Reducción del impacto en la salud debido a la disminución de la contaminación atmosférica urbana (s/a); seguridad vial (resistencia frente a los choques dependiendo de los estándares establecidos) (m/m)	Reducción del impacto en los ecosistemas y la biodiversidad debido a la disminución de la contaminación atmosférica urbana (m/a)
Desarrollo urbano compacto y mejora de las infraestructuras de transporte	Seguridad energética (reducción de la dependencia del petróleo y la exposición a la volatilidad del precio del petróleo) (m/m); productividad (reducción de la congestión y los tiempos de trayecto en las ciudades, transporte asequible y accesible) (m/h)	Impacto combinado en la salud para las modalidades no motorizadas debido al aumento de la actividad física (s/a) aumento potencial de la exposición a la contaminación atmosférica (s/a), reducción de la contaminación acústica (debido al cambio de modalidad y la reducción de los trayectos) (s/a); acceso equitativo a las oportunidades de empleo debido a la movilidad (s/a); seguridad vial (debido al cambio de modalidad) (s/a)	Reducción del impacto en el ecosistema debido a la disminución de la contaminación atmosférica urbana (s/a) y la competencia por el uso del suelo (m/m)
Reducción de la distancia y eliminación de los desplazamientos	Seguridad energética (reducción de la dependencia del petróleo y la exposición a la volatilidad del precio del petróleo) (s/a); productividad (reducción de la congestión y los tiempos de trayecto en las ciudades, desplazamientos a pie) (s/a)	Reducción del impacto en la salud (para las modalidades de transporte no motorizadas) (s/a)	Impacto combinado en los ecosistemas debido a la disminución de la contaminación atmosférica urbana (s/a), rutas nuevas o más cortas (s/a); reducción de la competencia de las infraestructuras de transporte por el uso del suelo (s/a)
<b>Edificios</b>	<b>Los posibles efectos del cambio de combustibles y las fuentes de energías renovables figuran en el apartado Suministro de energía.</b>		
Reducción de la intensidad de las emisiones de GEI (p. ej., mediante la sustitución de combustibles; la incorporación de fuentes renovables de energía y la implantación de tejados verdes)	Seguridad energética (m/a); impacto en el empleo (m/m); menor necesidad de subsidios a la energía (b/b); valor del activo de los edificios (b/m)	Reducción de la escasez de combustible debido a la disminución de la demanda energética (m/a); acceso a la energía (debido a los mayores costos energéticos) (b/m); aumento del tiempo productivo para las mujeres y los niños (debido a la sustitución de las cocinas tradicionales) (m/a)	Reducción del impacto en la salud de los edificios residenciales y los ecosistemas (debido a la menor la escasez de combustible (s/a), contaminación del aire en interiores y exteriores (s/a) y efecto de isla de calor urbana) (b/m); biodiversidad urbana (tejados verdes) (m/m)

continúa en la página siguiente

Cuadro 4.5 (continuación)

Medidas de mitigación sectoriales		Efectos sobre los objetivos/preocupaciones adicionales		Ambientales	
	Económicos	Sociales			
Adaptación de edificios existentes Construcción de edificios ejemplares Equipos eficientes	Seguridad energética (m/a); impacto en el empleo (m/m); productividad (para edificios comerciales) (m/a); menor necesidad de subsidios a la energía (b/b); valor del activo de los edificios (b/m); resiliencia frente a desastres (b/m)	Reducción de la escasez de combustible debido a la disminución de la demanda energética (por la adaptación de los edificios existentes y el uso de equipos eficientes) (m/a); acceso a la energía (mayor costo de la vivienda) (b/m); bienestar térmico (m/a); aumento del tiempo productivo para las mujeres y los niños (debido a la sustitución de las cocinas tradicionales) (m/a)	Reducción del impacto en la salud y el ecosistema (p. ej., debido a la reducción de la escasez de combustible (s/a), la contaminación del aire en interiores y exteriores (s/a), el efecto de isla de calor urbana (b/m), y la mejora de las condiciones ambientales en interiores (m/a)); riesgo para la salud debido a una ventilación insuficiente (m/m); reducción del consumo de agua y la producción de aguas residuales (b/b)	Reducción del impacto en la salud y el ecosistema (p. ej., debido a la mejora de las condiciones ambientales en interiores (m/a) y menor contaminación del aire en exteriores (s/a))	Reducción del impacto en los ecosistemas (debido a la reducción de la contaminación local del aire y el agua) (m/m); conservación del agua (b/m)
Cambios de comportamiento que reducen la demanda energética	Seguridad energética (m/a); menor necesidad de subsidios a la energía (b/b)				
Industria	Los posibles efectos del abastecimiento de energía con bajas emisiones de carbono (incluida la CAC) figuran en el apartado Suministro de energía. Para el suministro de biomasa, véase el apartado AFOLU				
Reducción de la intensidad de las emisiones de CO <sub>2</sub> y GEI distintos del CO <sub>2</sub>	Competitividad y productividad (m/a)	Reducción del impacto en la salud debido a la disminución de la contaminación atmosférica local y a mejores condiciones de trabajo (emisiones de perfluorocarbonos procedentes de la industria del aluminio) (m/m)			
Mejora de los aspectos técnicos de la eficiencia energética debido nuevos procesos y tecnologías	Seguridad energética (debido a una menor intensidad energética) (m/m); impacto en el empleo (b/b); competitividad y productividad (m/a); desbordamientos tecnológicos en los países en desarrollo (b/b)	Reducción del impacto en la salud debido a la disminución de la contaminación local (b/m); nuevas oportunidades de actividades (m/m); aumento de la disponibilidad y calidad del agua (b/b); mejora de la seguridad, las condiciones de trabajo y la satisfacción laboral (m/m)			
Eficiencia de materiales de los bienes, reciclaje	Disminución a medio plazo de los ingresos nacionales por el impuesto sobre las ventas (b/b); impacto en el empleo (reciclaje de residuos) (b/b); competitividad en el sector manufacturero (b/b); nueva infraestructura para agrupaciones industriales (b/b)	Reducción del impacto en la salud y los problemas de seguridad (b/m); nuevas oportunidades de actividades (m/m) y reducción de los conflictos locales (disminución de la extracción de recursos) (b/m)			Reducción del impacto en el ecosistema debido a la disminución de la extracción de combustibles fósiles, (b/b) la contaminación local y los residuos (m/m)
Reducción de la demanda de productos	Disminución a medio plazo de los ingresos nacionales por el impuesto sobre las ventas (b/b)	Aumento del bienestar debido a estilos de vida diversos (b/b)			Reducción del impacto en el ecosistema debido a la disminución de la contaminación local del aire y el agua y la eliminación de residuos (m/m); reducción del uso de materias primas/materiales vírgenes y recursos naturales debido a la disminución de la minería insostenible de recursos (b/b)
AFOLU	Nota: Los cobeneficios y efectos colaterales adversos dependen del contexto del desarrollo y la escala (tamaño) de la intervención.				
Lado de la oferta: silvicultura, agricultura en suelo, ganadería, sistemas integrados y bioenergía	Impacto combinado en el empleo debido al desarrollo de la iniciativa empresarial (m/a), y la utilización de tecnologías con un uso menos intensivo de mano de obra en la agricultura (m/m); diversificación de las fuentes de ingresos y el acceso a los mercados (s/a); ingresos adicionales para la gestión sostenible del paisaje (m/a); concentración de la renta (m/m); seguridad energética (suficiencia de recursos) (m/a); mecanismos de financiación innovadores para la gestión sostenible de los recursos (m/a); innovación y transferencia tecnológicas (m/m)	Aumento de la producción de los cultivos alimentarios debido a la aplicación de sistemas integrados y la intensificación de la agricultura sostenible (s/m); disminución de la producción de alimentos (a nivel local) debido a los monocultivos no alimentarios a gran escala (s/b); aumento de hábitats culturales y zonas de recreo debido a la gestión (sostenible) y la conservación de los bosques (m/m); mejora de la salud humana y el bienestar de los animales (por ejemplo, debido a un menor uso de plaguicidas, la reducción de las prácticas de quema y los sistemas agroforestales y silvopastoriles) (m/a); impacto en la salud humana relacionado con las prácticas de quema (en la agricultura o la bioenergía) (m/m); impactos variables en cuestiones de género, equidad entre generaciones y dentro de una misma generación debido a la participación y la distribución equitativa de los beneficios (s/a) y una concentración de los beneficios (m/m)	Impacto combinado en los servicios ecosistémicos debido a los monocultivos a gran escala (s/a), la conservación de los ecosistemas, la gestión sostenible y la agricultura sostenible (s/a); aumento de la calidad del suelo (s/a); disminución de la erosión (s/a); aumento de la resiliencia de los ecosistemas (m/a); albedo y evaporación (s/a)	Reducción del impacto en la salud y el ecosistema (p. ej., debido a la mejora de las condiciones ambientales en interiores (m/a) y menor contaminación del aire en exteriores (s/a))	Reducción del impacto en el ecosistema debido a la disminución de la contaminación local del aire y el agua y la eliminación de residuos (m/m); reducción del uso de materias primas/materiales vírgenes y recursos naturales debido a la disminución de la minería insostenible de recursos (b/b)
Lado de la demanda: disminución de las pérdidas en la cadena de suministro de alimentos, cambios en la dieta humana y en la demanda de madera y productos forestales					
Asentamientos humanos e infraestructura	Para el desarrollo urbano compacto y la mejora de las infraestructuras de transporte, véase también el apartado Transporte.				
Desarrollo e infraestructura compactos	Aumento de la innovación y el uso eficiente de los recursos (s/a); mayores alquileres y valor de la propiedad (m/m)	Mejora de la salud debido al aumento de la actividad física: véase Transporte	Conservación de los espacios abiertos (m/m)		
Aumento de la accesibilidad	Ahorro en los desplazamientos al lugar de trabajo (s/a)	Mejora de la salud debido al aumento de la actividad física: véase Transporte; aumento de la interacción social y la salud mental (m/m)	Mejora de la calidad del aire y reducción de los impactos en el ecosistema y la salud (m/a)		
Uso mixto del suelo	Ahorro en los desplazamientos al lugar de trabajo (s/a); mayores rentas y valor de la propiedad (m/m)	Mejora la salud debido al aumento de la actividad física (s/a); aumento de la interacción social y la salud mental (b/m)	Mejora de la calidad del aire y disminución de los impactos en el ecosistema y la salud (m/a)		



Como ejemplos de coordinación flexible de políticas cabe mencionar las redes transnacionales de ciudades y las medidas de mitigación apropiadas para cada país. Como ejemplos de cooperación en tecnologías de I+D figuran el Foro de las Principales Economías sobre Energía y Clima, la Iniciativa Global del Metano (GMI) o la Alianza para la Energía Renovable y la Eficiencia Energética (REEEP). Como ejemplos de normativas de GEI de otros organismos internacionales cabe mencionar el Protocolo de Montreal, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la Organización Marítima Internacional (OMI). Véase GTIII figura 13.1 para obtener más información sobre estos ejemplos.

**Figura 4.3 |** Alternativas de cooperación internacional. La figura presenta una compilación de las modalidades de cooperación internacional existentes y posibles basada en un estudio de las investigaciones publicadas, pero no pretende ser una representación exhaustiva de acuerdos políticos existentes o posibles ni tener carácter prescriptivo. Los ejemplos en color naranja indican los acuerdos existentes. Los ejemplos en color azul indican las estructuras de los acuerdos propuestos en la bibliografía sobre la materia. La anchura de cada caja indica el rango de los grados posibles de centralización de los acuerdos. El grado de centralización indica la autoridad que un acuerdo confiere a una institución internacional, no el proceso de negociación del acuerdo. {GTIII figura 13.2}

**Los acuerdos de cooperación internacional en relación con el cambio climático en vigor y propuestos varían en su focalización y el grado de centralización y coordinación.** Abarcan el espectro siguiente: acuerdos multilaterales, políticas nacionales armonizadas y políticas nacionales descentralizadas pero coordinadas, así como políticas regionales y coordinadas a nivel regional (véase la figura 4.3). {GTIII RRP.5.2}

**Si bien existe una serie de instituciones nuevas centradas en la financiación y la coordinación de la adaptación, la política climática internacional ha prestado históricamente menos atención a la adaptación que a la mitigación (evidencia sólida, nivel de acuerdo medio).** La incorporación de la adaptación es cada vez

más importante para reducir el riesgo de las repercusiones del cambio climático y puede involucrar a un número mayor de países. {GTIII 13.2, 13.3.3, 13.5.1.1, 13.14}

**El Protocolo de Kyoto ofrece enseñanzas para alcanzar el objetivo definitivo de la CMNUCC, en particular respecto de la participación, la ejecución, los mecanismos de flexibilidad y la efectividad ambiental (evidencia media, nivel de acuerdo bajo).** El Protocolo fue el primer paso vinculante en la puesta en práctica de los principios y objetivos establecidos por la CMNUCC. De acuerdo con los inventarios nacionales de GEI de 2012 presentados a la CMNUCC en octubre de 2013, las Partes incluidas en el anexo B que habían adoptado compromisos de limitación (y reducción de las emisiones)

<sup>44</sup> La conclusión final en relación con el cumplimiento de las Partes incluidas en el anexo B sigue estando, en octubre de 2014, en proceso de examen en el marco del Protocolo de Kyoto.

cuantificados podían haber mejorado su meta conjunta de reducción de las emisiones durante el primer período de compromiso<sup>44</sup>, si bien también se habían incluido algunas reducciones de emisiones que se habrían generado incluso en su ausencia. El mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) del Protocolo creó un mercado de compensaciones de las emisiones de los países en desarrollo con dos objetivos: ayudar a los países incluidos en el anexo I a cumplir sus compromisos y apoyar a los países no incluidos en el anexo I a alcanzar un desarrollo sostenible. El MDL generó reducciones certificadas de las emisiones (compensaciones) equivalentes a emisiones de más de 1,4 GtCO<sub>2</sub>-eq<sup>42</sup> en octubre de 2013, se tradujo en importantes inversiones en proyectos y generó flujos de inversiones para diversas funciones, en particular el Fondo de Adaptación de la CMNUCC. Sin embargo, se ha cuestionado su efectividad ambiental, en particular en lo que respecta a los primeros años de su aplicación, debido a las preocupaciones acerca de la adicionalidad de los proyectos (es decir, si los proyectos provocan emisiones distintas de las que se generarían en un escenario sin introducción de cambios), la validez de referencias y la posibilidad de fugas de emisiones (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Todos los programas de créditos de reducción de emisiones (compensaciones) generan inquietudes acerca de la adicionalidad que no son específicas del MDL. Como resultado de las fuerzas del mercado, la mayoría de los proyectos del MDL se han centrado en un número limitado de países, mientras que los programas de actividades, si bien son menos frecuentes, se han distribuido más uniformemente. Además, el Protocolo de Kyoto creó otros dos “mecanismos de flexibilidad”: la aplicación conjunta y el comercio internacional de los derechos de emisión. {GTIII RRP.5.2, cuadro RT.9, 13.7, 13.13.1.1, 14.3}

**En los estudios se han identificado varios modelos conceptuales para la distribución de esfuerzos.** Sin embargo, los impactos distributivos derivados de los acuerdos de cooperación internacional efectivos no solo dependen del enfoque adoptado sino también de los criterios aplicados para poner en práctica soluciones equitativas y a

forma en que se financian los planes de reducción de las emisiones de los países en desarrollo. {GTIII 4.6, 13.4}

**Los vínculos entre las políticas climáticas regionales, nacionales y subnacionales ofrecen beneficios potenciales de mitigación del cambio climático (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*).** Se han establecido vínculos entre los mercados del carbono y, en principio, también podrían establecerse entre un conjunto heterogéneo de instrumentos de política que incluye políticas no basadas en el mercado, como unas normas de ejecución. Entre las posibles ventajas de este planteamiento cabe destacar la disminución de los costos de mitigación, la reducción de las fugas de emisiones y el aumento de la liquidez de los mercados. {GTIII RRP.5.2, 13.3, 13.5, 13.6, 13.7, 14.5}

**Se están elaborando y ejecutando diversas iniciativas regionales entre las escalas nacional y mundial, pero su impacto en la mitigación global ha sido limitado hasta la fecha (*nivel de confianza medio*).** Algunas políticas climáticas podrían ser más eficaces ambientalmente y económicamente si se aplicaran en regiones amplias, por ejemplo, mediante la incorporación de objetivos de mitigación en los acuerdos comerciales o la construcción conjunta de infraestructuras que facilite la reducción de las emisiones de carbono. {GTIII cuadro RT.9, 13.13, 14.4, 14.5}

**La cooperación internacional en apoyo de la planificación y la ejecución de la adaptación ha contribuido a crear estrategias, planes y medidas de adaptación a nivel nacional, subnacional y local (*nivel de confianza alto*).** Por ejemplo, se han establecido una serie de mecanismos multilaterales de financiación para la adaptación en el ámbito regional; diversos organismos de las Naciones Unidas, organizaciones internacionales de desarrollo y organizaciones no gubernamentales (ONG) han proporcionado información, metodologías y directrices; y varias iniciativas mundiales y regionales han apoyado y promovido la creación de estrategias nacionales de adaptación

**Cuadro 4.6** | Medidas recientes de adaptación en los sectores público y privado en todas las regiones. {GTIII RRP A-2}

Región	Ejemplos de medidas
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.
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 los recursos hídricos, en la protección ambiental y la planificación territorial, y en la gestión de los riesgos de desastre.
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.
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.
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.
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.
Ártico	Algunas comunidades han empezado a aplicar estrategias de co-gestión adaptativa y a desplegar infraestructura de comunicaciones, combinando conocimientos tradicionales y científicos.
Islas pequeñas	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.
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.

en diversos países desarrollados y en desarrollo. Una mayor integración de la gestión de riesgos de desastre y adaptación al cambio climático a nivel internacional y su incorporación a la ayuda internacional para el desarrollo podría aumentar la eficiencia en el uso de los recursos y la capacidad. Sin embargo, este mayor despliegue de esfuerzos a nivel internacional no se traducirá necesariamente en resultados significativos y rápidos a nivel local. {GTII 15.2, 15.3, SREX RRP, 7.4, 8.2, 8.5}

#### 4.4.2 Políticas nacionales y subnacionales

##### 4.4.2.1 Adaptación

**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).** Las opciones de adaptación adoptadas hasta el momento (véase el cuadro 4.6) 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*). {GTII RRP A-2, RT A-2}

**Los gobiernos nacionales desempeñan un papel clave en la planificación y aplicación de la adaptación (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** Desde el Cuarto Informe de Evaluación se han realizado grandes progresos en el desarrollo de estrategias y planes nacionales de adaptación, incluidos los programas de acción nacionales de adaptación de los países menos desarrollados, el proceso de los planes nacionales de adaptación y los marcos estratégicos para la adaptación nacional de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). 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, marcos de políticas y jurídicos y apoyo financiero. {GTII RRP C-1, 15.2}

**Si bien los gobiernos locales y el sector privado tienen diferentes funciones que varían según las regiones, cada vez es mayor el reconocimiento de que gozan 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).** Desde el Cuarto Informe de Evaluación ha aumentado significativamente el número de respuestas de adaptación previstas a nivel local en las comunidades rurales y urbanas de los países desarrollados y en desarrollo. Sin embargo, los consejos locales y los planificadores suelen abordar la complejidad de la adaptación sin disponer de un acceso adecuado a la información o los datos orientativos sobre las vulnerabilidades locales y los posibles impactos. Se han identificado los pasos necesarios para integrar la adaptación en la toma de decisiones a nivel local, pero sigue habiendo dificultades para su aplicación. Por lo tanto, los expertos hacen hincapié en la importancia de los vínculos con los niveles gubernamentales nacionales y subnacionales, así como de las asociaciones entre los sectores público,

cívico y privado para la aplicación de medidas de adaptación locales. {GTII RRP A-2, RRP C-1, 14.2, 15.2}

**Las dimensiones institucionales de la gobernanza de la adaptación, incluidas la incorporación de la adaptación en la planificación y la toma de decisiones, desempeñan un papel clave en la promoción de la transición desde la planificación hasta la aplicación de la adaptación (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto).** Las barreras o los elementos facilitadores institucionales para la planificación y la aplicación de la adaptación en los que se pone énfasis con más frecuencia son: 1) la coordinación institucional en diversos niveles políticos y administrativos de la sociedad; 2) la toma, integración y mantenimiento del impulso para la adaptación al clima por parte de agentes, defensores y promotores destacados; 3) la interacción horizontal entre sectores, agentes y políticas que operan en niveles administrativos similares; 4) las dimensiones políticas en el ámbito de la planificación y la ejecución; y 5) la coordinación entre las agencias administrativas oficiales del gobierno, el sector privado y las partes interesadas para aumentar la eficiencia, la representación y el apoyo a las medidas de adaptación al clima. {GTII 15.2, 15.5, 16.3, recuadro 15-1}

**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 público-privadas, 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, y 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. {GTII RRP C-1}

##### 4.4.2.2 Mitigación

**Desde el Cuarto Informe de Evaluación se ha experimentado un considerable aumento de planes y estrategias de mitigación nacionales y subnacionales.** En 2012 el 67% de las emisiones mundiales de GEI<sup>42</sup> estuvieron sometidas al control de legislación o estrategias nacionales, frente al 45% en 2007. Sin embargo, todavía no se ha producido una desviación importante en las emisiones mundiales respecto de la tendencia del pasado. Estos planes y estrategias se encuentran en una fase incipiente de desarrollo y ejecución en muchos países, lo que dificulta la evaluación de su repercusión conjunta en las futuras emisiones mundiales (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). {GTIII RRP.5.1}

**Desde el Cuarto Informe de Evaluación se ha puesto mayor atención en políticas diseñadas para integrar diversos objetivos, incrementar los cobeneficios y disminuir los efectos colaterales adversos (nivel de confianza alto).** A menudo los gobiernos hacen una referencia explícita a los cobeneficios en los planes y las estrategias climáticos y sectoriales. {GTIIIRRP.5.1}

Cuadro 4.7 | Instrumentos sectoriales de políticas [GTIII cuadro 15.2]

Instrumentos de política	Energía	Transporte	Edificios	Industria	AFOLU	Asentamientos humanos e infraestructura
<b>Instrumentos económicos – Impuestos sobre el carbono pueden aplicarse al conjunto de la economía)</b>	- Impuesto sobre el carbono (p. ej., aplicado a la electricidad o los combustibles)	- Impuestos a los combustibles - Tasas por congestión, tasas de matriculación de vehículos, peajes - Impuestos sobre los vehículos	- Impuesto sobre el carbono y/o la energía (ya sea a nivel sectorial o de la economía)	- Impuesto sobre el carbono o la energía - Impuestos o tasas de eliminación de residuos	- Impuestos sobre los fertilizantes o el nitrógeno para reducir el óxido nítrico (N <sub>2</sub> O)	- Impuestos a la expansión suburbana, cuotas de impacto, exacciones, impuestos desglosados sobre la propiedad, financiación del aumento impositivo, impuestos sobre la plusvalía, tasas por congestión
<b>Instrumentos económicos – Permisos negociables (pueden aplicarse al conjunto de la economía)</b>	- Comercio de emisiones - Créditos de emisiones en el marco del mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) - Certificados verdes comercializables	- Normativas de combustibles y vehículos	- Certificados comercializables para mejorar la eficiencia energética (certificados blancos)	- Comercio de emisiones - Créditos de emisiones en el marco del MDL - Certificados verdes comercializables	- Créditos de emisiones en el marco del MDL - Planes de cumplimiento fuera del Protocolo de Kyoto (sistemas nacionales) - Mercados voluntarios de carbono	- Sistemas de límite y comercio a nivel urbano
<b>Instrumentos económicos - Subsidios</b>	- Eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles - Tarifas de introducción para las energías renovables	- Subsidios a los biocombustibles - Subsidios a la compra de vehículos - Sistemas de arancel-reembolso	- Subvenciones o exenciones fiscales a la inversión en edificios, adaptaciones de edificios existentes y productos eficientes - Créditos subsidiados	- Subsidios (p. ej., para auditorías energéticas) - Incentivos fiscales - (p. ej., para la sustitución de combustible)	- Líneas de crédito para la agricultura de bajas emisiones de carbono y la silvicultura sostenible	- Mejoras especiales o remodelación de distritos
<b>Enfoques regulatorios</b>	- Normas de eficiencia energética o ambiental - Normas sobre las carteras de energías renovables - Acceso equitativo a la red eléctrica - Marco jurídico para el almacenamiento de CO <sub>2</sub> a largo plazo	- Normas sobre la economía de combustible - Normas sobre la calidad del combustible - Normas sobre el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero - Restricciones normativas para fomentar cambios de modalidad (de transporte por carretera a ferrocarril) - Restricción del uso de vehículos en determinadas zonas - Limitaciones de capacidad ambiental en los aeropuertos - Restricciones a la planificación urbana y la zonificación	- Códigos y normas de construcción - Normas sobre equipos y electrodomésticos - Mandatos para proveedores minoristas de energía para que asesoren a los clientes sobre cómo invertir en eficiencia energética	- Normas de eficiencia energética de los equipos - Sistemas de gestión energética (también voluntarios) - Acuerdos voluntarios (cuando exista regulación al respecto) - Reglamentos de etiquetado y licitaciones	- Políticas nacionales de apoyo a REDD+, incluido el monitoreo, reporte y verificación - Leyes forestales para reducir la deforestación - Precusores de GEI para el control de la contaminación del aire y el agua - Planificación y gobernanza de la gestión del uso del suelo	- Zonificación de uso mixto - Restricciones al desarrollo - Mandatos para viviendas asequibles - Controles de acceso - Derechos de desarrollo de traspaso - Códigos de diseño - Códigos de construcción - Códigos de vía - Normas de diseño
<b>Programas de información</b>		- Etiquetado de combustible - Etiquetado de eficiencia de los vehículos	- Auditorías energéticas - Programas de etiquetado - Programas de asesoramiento energético	- Auditorías energéticas - Evaluaciones comparativas - Corretaje para la cooperación industrial	- Sistemas de certificación de prácticas forestales sostenibles - Políticas de información de apoyo a REDD+, incluido el monitoreo, reporte y verificación	
<b>Provisión de bienes o servicios públicos por los gobiernos</b>	- Investigación y desarrollo - Expansión de las infraestructuras (calefacción/refrigeración en barrios o ciudades o empresas de explotación de suministros)	- Inversión en tránsito y transporte de propulsión humana - Inversión en infraestructura de combustibles alternativos - Adquisición de vehículos de bajas emisiones	- Adquisición pública de edificios y electrodomésticos eficientes	- Formación y enseñanza - Corretaje para la cooperación industrial	- Protección de bosques a nivel nacional, estatal y local - Inversión para mejorar y difundir tecnologías innovadoras para la agricultura y la silvicultura	- Provisión de infraestructura de servicios públicos, como la distribución de electricidad, calefacción/refrigeración en barrios o ciudades y conexiones de aguas residuales, etc. - Mejoras en parques - Mejoras en senderos - Ferrocarril urbano
<b>Acciones voluntarias</b>			- Programas de etiquetado de edificios eficientes - Etiquetado ecológico de productos	- Acuerdos voluntarios sobre objetivos energéticos, adopción de sistemas de gestión energética o aprovechamiento de recursos	- Promoción de la sostenibilidad mediante la formulación de normas y la elaboración de campañas educativas	

Se han utilizado más ampliamente políticas sectoriales específicas que políticas destinadas al conjunto de la economía (cuadro 4.7) (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Aunque, según gran parte de la teoría económica, las políticas destinadas al conjunto de la economía para la mitigación serían más costo-efectivas que las políticas sectoriales específicas, los obstáculos administrativos y políticos pueden complicar el diseño y la ejecución de dichas políticas en mayor medida que las políticas sectoriales específicas. Estas últimas pueden adaptarse mejor para responder a obstáculos o fallos de mercado inherentes a determinados sectores, y agruparse en paquetes de políticas complementarias. {GTIII RRP.5.1}

En principio, los mecanismos que establecen el precio del carbono, incluidos los sistemas de límite y comercio y los impuestos sobre el carbono, pueden lograr la mitigación de un modo costo-efectivo, pero su ejecución ha tenido efectos diversos, debido en parte a las circunstancias nacionales, así como al diseño de las políticas. Los efectos en el medio ambiente de los sistemas de límite y comercio a corto plazo han sido insuficientes debido a que los límites eran imprecisos o poco restrictivos (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). En algunos países, las políticas tributarias dirigidas específicamente a reducir las emisiones de GEI —junto con las políticas tecnológicas y de otro tipo— han contribuido a debilitar el vínculo existente entre las emisiones de GEI y el producto interno bruto (PIB) (*nivel de confianza alto*). Además, en un grupo numeroso de países, los impuestos sobre los combustibles (aunque no se hubieran concebido necesariamente con el propósito de la mitigación) han tenido efectos similares a los de los impuestos sectoriales sobre las emisiones de carbono (*evidencia sólida, nivel de acuerdo medio*). En algunos países se utilizan los ingresos de los impuestos sobre las emisiones de dióxido de carbono o la subasta de permisos de emisión para reducir otros impuestos u ofrecer transferencias a grupos de bajos ingresos. Esto ilustra el principio general de que las políticas de mitigación con las que el Estado obtiene mayores ingresos generalmente tienen menores costos sociales que con las que no los obtiene. {GTIII RRP.5.1}

En todos los sectores pueden aplicarse instrumentos económicos en forma de subsidios, incluidas diversas formulaciones de políticas como rebajas o exenciones fiscales, primas, préstamos y líneas de crédito. En los últimos años, el aumento en número y diversidad de las políticas de energía renovable, incluidos los subsidios, ha inducido un incremento acelerado de las tecnologías de la energía renovable por efecto de múltiples factores. Las políticas gubernamentales desempeñan un papel crucial en acelerar la implantación de la energía renovable. En la mayoría de los países en desarrollo, el acceso a la energía y el desarrollo social y económico han sido los principales elementos impulsores, mientras que en los países desarrollados los factores más importantes han sido la seguridad del suministro energético y el respeto al medio ambiente. El alcance de las políticas, centrado inicialmente en la electricidad obtenida mediante energías renovables, es cada vez más amplio, y actualmente abarca también la calefacción, la refrigeración y el transporte mediante energías renovables. {SRREN RRP.7}

La disminución de los subsidios para las actividades asociadas a los GEI en diversos sectores puede redundar en menores emisiones, en función del contexto social y económico (*nivel de confianza alto*). Mientras que los subsidios pueden afectar a las emisiones en muchos sectores, la mayoría de las publicaciones recientes

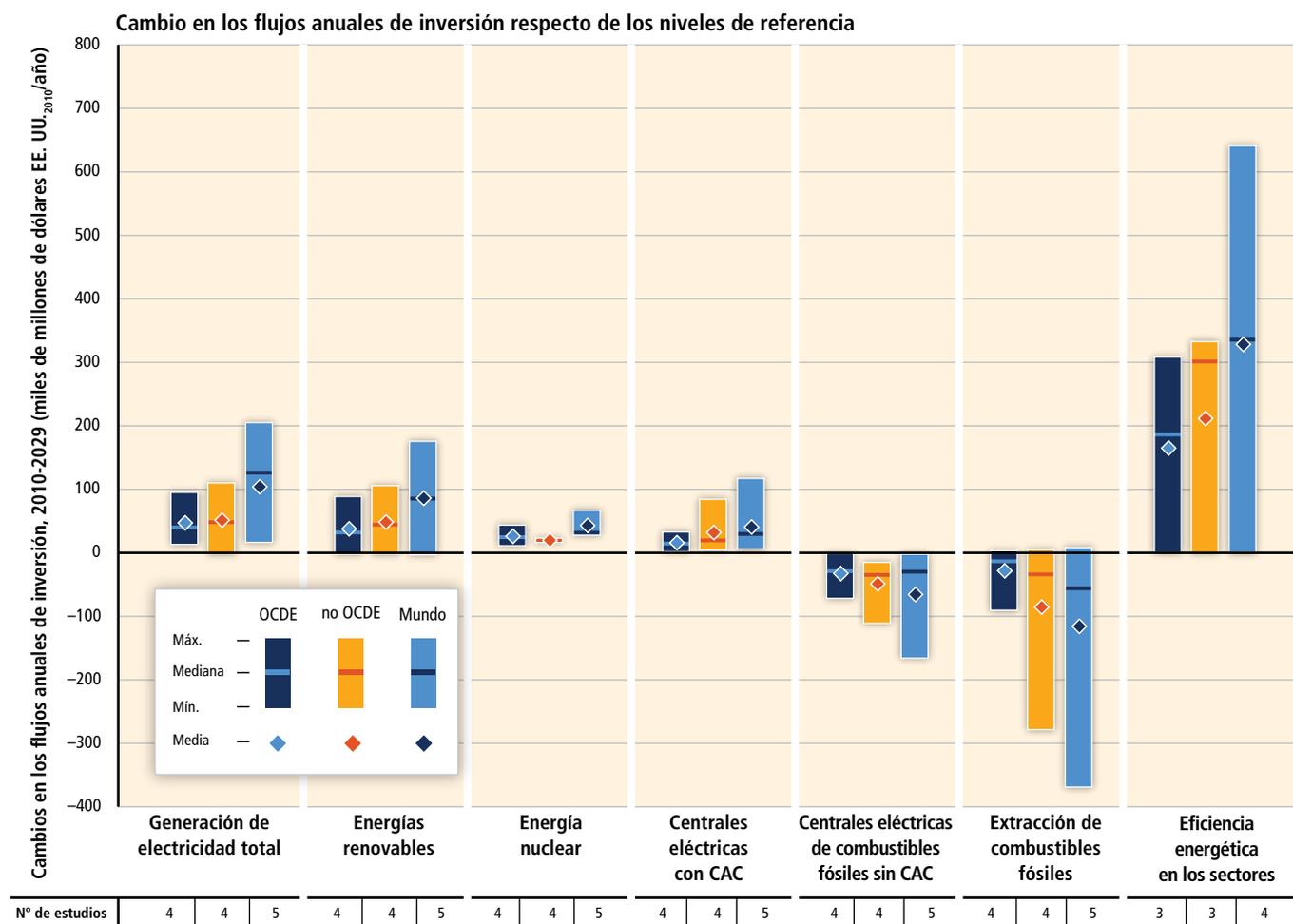
se han centrado en subsidios relativos a los combustibles fósiles. Desde el Cuarto Informe de Evaluación, las proyecciones de unas pocas publicaciones científicas, aunque cada vez en mayor número, basadas en modelos del conjunto de la economía, indican que la eliminación completa de los subsidios a los combustibles fósiles en todos los países podría dar lugar a reducciones en las emisiones totales mundiales a mitad del siglo (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Dichos estudios varían en su metodología, así como en el tipo y definición de los subsidios y el marco temporal de la eliminación gradual. En particular, los estudios evalúan los efectos de la eliminación completa de todos los subsidios a los combustibles fósiles sin entrar a valorar qué subsidios son improductivos e ineficientes, teniendo presentes las circunstancias nacionales. {GTIII RRP.5.1}

Los enfoques reglamentarios y las medidas de información se utilizan ampliamente y, a menudo, resultan eficaces desde el punto de vista ambiental (*evidencia media, nivel de acuerdo medio*). Entre los ejemplos de enfoques reglamentarios cabe destacar las normas de eficiencia energética, y entre los ejemplos de programas de información figuran los programas de etiquetado, que pueden ayudar a los consumidores a tomar decisiones mejor informadas. {GTIII RRP.5.1}

La política de mitigación podría hacer que se devaluaran los activos de combustibles fósiles y se redujeran los ingresos de sus exportadores, pero existen diferencias en función de las regiones y los combustibles de que se trate (*nivel de confianza alto*). La mayoría de los escenarios de mitigación están asociados con ingresos reducidos procedentes del comercio del carbón y el petróleo para los grandes exportadores. El efecto de la mitigación en los ingresos por las exportaciones de gas natural es más incierto. La disponibilidad de mecanismos de captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) reduciría el efecto adverso de la mitigación en el valor de los activos de combustibles fósiles (*nivel de confianza medio*). {GTIII RRP.5.1}

Las interacciones entre las políticas de mitigación pueden ser sinérgicas o no tener ningún efecto añadido en la disminución de las emisiones (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Por ejemplo, un impuesto sobre las emisiones de carbono puede tener un efecto medioambiental añadido a las políticas de igual forma que los subsidios para el suministro de energías renovables. Por el contrario, si un sistema de límite y comercio tiene un límite obligatorio suficientemente estricto para afectar a las decisiones relativas a las emisiones, otras políticas como los subsidios a las energías renovables no tendrán ninguna repercusión añadida en la reducción de las emisiones (aunque pueden afectar a los costos y posiblemente a la viabilidad de futuras metas más estrictas) (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). En cualquier caso, puede que se necesiten políticas adicionales para abordar los fallos de mercado en relación con la innovación y la difusión de la tecnología. {GTIII RRP.5.1}

Cada vez son más frecuentes las políticas climáticas subnacionales, tanto en los países con políticas nacionales como en los que carecen de ellas. Estas políticas incluyen planes estatales y provinciales relativos al clima que combinan instrumentos de mercado, regulatorios y de información, y sistemas de límite y comercio subnacionales. Además, han surgido iniciativas de cooperación transnacional entre agentes subnacionales, especialmente inversores institucionales, organizaciones no gubernamentales que tratan de regular los mercados de compensación de carbono y redes de ciudades que tratan



**Figura 4.4 |** Cambio en los flujos anuales de inversión respecto del nivel de referencia medio en los próximos dos decenios (2010-2029) para los escenarios de mitigación que estabilizan las concentraciones (sin sobrepaso) en el rango de aproximadamente 430-530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100. La generación de electricidad total (primera columna de la izquierda) es la suma de las energías renovables, la energía nuclear, las centrales eléctricas con CAC y las centrales eléctricas de combustibles fósiles sin CAC. Las barras verticales indican el rango entre la estimación mínima y la máxima; la barra horizontal indica la mediana. Las cifras en la fila de la base indican el número total de estudios publicados utilizados para la evaluación. Las tecnologías concretas mostradas se utilizan en diferentes escenarios de modelos, ya sea de forma complementaria o sinérgica, básicamente en función de consideraciones específicamente tecnológicas y el nivel de sincronización y ambición de la fase de despliegue de las políticas climáticas mundiales. {GTIII figura RRP.9}

de colaborar en la generación de desarrollo urbano bajo en carbono. {GTIII 13.5.2, 15.2.4, 15.8}

**Los cobeneficios y los efectos colaterales adversos de la mitigación pueden afectar el logro de otros objetivos, como los relacionados con la salud humana, la seguridad alimentaria, la biodiversidad, la calidad ambiental local, el acceso a la energía, los medios de subsistencia y el desarrollo sostenible equitativo: {GTIII RRP.2}**

- Los escenarios de mitigación en los que se alcanzan aproximadamente 450 o 500 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 presentan costos reducidos para lograr objetivos de calidad del aire y seguridad energética, con importantes cobeneficios para la salud humana, los impactos ecosistémicos y la suficiencia de recursos y resiliencia del sistema energético. {GTIII RRP.4.1}
- Algunas políticas de mitigación aumentan los precios de algunos servicios energéticos y podrían limitar la capacidad de las socie-

dades de ampliar el acceso a servicios energéticos modernos de poblaciones subatendidas (*nivel de confianza bajo*). Estos posibles efectos colaterales adversos se pueden evitar mediante la adopción de políticas complementarias como reducciones fiscales u otro tipo de mecanismos de transferencia (*nivel de confianza medio*). Las proyecciones apuntan a que los costos de lograr el acceso casi universal a la electricidad y los combustibles limpios para cocinar y calentar son de entre 72 000 y 95 000 millones de dólares de Estados Unidos anuales hasta 2030, con efectos mínimos en las emisiones de GEI (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*) y múltiples beneficios en la salud y la reducción de la contaminación atmosférica (*nivel de confianza alto*). {GTIII RRP.5.1}

Tanto si estos efectos colaterales se materializan, y en qué magnitud, como si no, serán específicos de cada caso y lugar, puesto que dependerán de circunstancias locales y de su escala, alcance y ritmo de materialización. Muchos cobeneficios y efectos colaterales adversos no se han cuantificado adecuadamente. {GTIII RRP.4.1}

### 4.4.3 Desarrollo y transferencia de tecnología

La políticas que apoyan el desarrollo, la difusión y la transferencia de tecnología complementan otras políticas de mitigación en todas las escalas internacionales a subnacionales, pero la inversión mundial en investigación de la mitigación de los GEI es escasa en relación con el gasto público total en investigación (*nivel de confianza alto*). La política tecnológica comprende el impulso tecnológico (p. ej., investigación y desarrollo financiada por el Estado) y el impulso de la demanda (p. ej., programas de compras gubernamentales). Estas políticas abordan fallos del mercado generalizados, ya que, en ausencia de políticas gubernamentales como la protección de patentes, la invención de nuevas tecnologías y prácticas derivadas de esfuerzos de investigación y desarrollo tiene aspectos de bien público y, por sí solas, las contribuciones de las fuerzas del mercado suelen ser insuficientes para este fin. Las políticas de apoyo a la tecnología han promovido una innovación y difusión sustanciales de nuevas tecnologías, pero a menudo resulta difícil evaluar su costo-efectividad. Asimismo, estas políticas pueden incentivar la participación y el cumplimiento de los requisitos de cooperación internacionales, especialmente a largo plazo. {GTIII RRP.5.1, 2.6.5, 3.11, 13.9, 13.12, 15.6.5}

Muchos esfuerzos de adaptación también dependen de forma crítica de la difusión y la transferencia de tecnologías y prácticas de gestión, pero su uso efectivo está en función de la existencia de un contexto institucional, normativo, social y cultural adecuado (*nivel de confianza alto*). A menudo, las tecnologías de adaptación son bien conocidas y se aplican en otros lugares. Sin embargo, el éxito de la transferencia de tecnología puede requerir no solo apoyo en forma de financiación e información, sino también el fortalecimiento de los entornos normativos y reglamentarios y la capacidad de asimilar, utilizar y mejorar tecnologías adecuadas a las circunstancias locales. {GTII 15.4}

### 4.4.4 Inversión y financiación

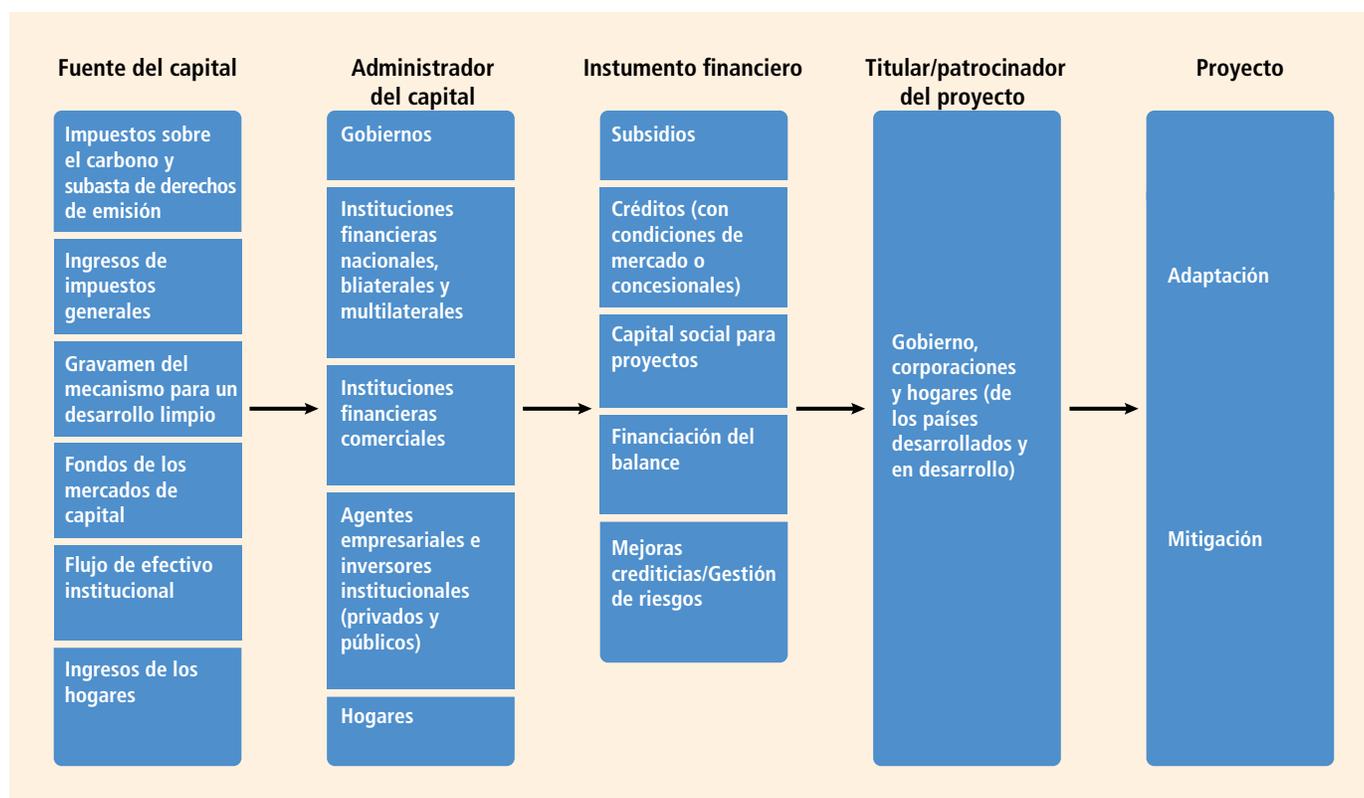
Para lograr reducciones sustanciales en las emisiones sería necesario realizar grandes cambios en los patrones de inversión (*nivel de confianza alto*). Los escenarios de mitigación en los que las políticas estabilizan las concentraciones atmosféricas (sin sobrepaso) en el rango de 430 a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100<sup>45</sup> conducen a cambios sustanciales en los flujos anuales de inversiones durante el período 2010-2029 en comparación con los escenarios de referencia. En los próximos dos decenios (2010 a 2029), las proyecciones indican que la inversión anual en tecnologías de combustibles fósiles convencionales asociadas con el sector del suministro de electricidad disminuirán en aproximadamente 30 000 (2 000-166 000) millones de dólares de Estados Unidos (mediana: -20% en comparación con 2010) mientras que aumentará la inversión anual en el suministro de electricidad con bajas emisiones de carbono (es decir, energías renovables, energía nuclear y generación de electricidad con CAC) en aproximadamente 147 000 (31 000-360 000) millones de dólares (mediana: +100% en comparación con 2010) (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*).

Además, las proyecciones señalan que las inversiones en eficiencia energética aumentarán progresivamente cada año en los sectores del transporte, los edificios y la industria en aproximadamente 336 000 (1 000-641 000) millones de dólares. La inversión anual global total en el sistema energético actualmente es de aproximadamente 1,2 billones de dólares. Esta cifra solo incluye el suministro energético de electricidad y calor y las fases anteriores y posteriores de sus respectivos procesos productivos. La inversión en eficiencia energética o en los sectores subyacentes no está incluida (figura 4.4). {GTIII RRP.5.1, 16.2}

No hay ninguna definición ampliamente convenida de lo que constituye financiación climática, pero existen estimaciones de los flujos financieros asociados con la mitigación del cambio climático y la adaptación a él. La figura 4.5 presenta una visión general de los flujos financieros relacionados con el clima. Las evaluaciones publicadas de los actuales flujos financieros anuales cuyo efecto esperado es la reducción de las emisiones netas de GEI o el aumento de la resiliencia al cambio climático y la variabilidad climática indican que estos varían entre 343 000 y 385 000 millones de dólares de Estados Unidos anuales a nivel mundial (*nivel de confianza medio*). De estos, se calcula que la financiación climática pública total que afluyó a los países en desarrollo en 2011 y 2012 fue de entre 35 000 y 49 000 millones de dólares anuales (*nivel de confianza medio*). Asimismo, se calcula que la financiación climática privada que afluyó a los países en desarrollo fue de entre 10 000 y 72 000 millones de dólares anuales, incluida la inversión extranjera directa en participaciones y préstamos en el rango de 10 000 a 37 000 millones de dólares anuales en el período 2008-2011 (*nivel de confianza medio*). {GTIII RRP.5.1}

En muchos países, el sector privado desempeña un papel importante en los procesos que conducen a la producción de emisiones así como a la mitigación y la adaptación. En el marco de entornos propicios adecuados, el sector privado, conjuntamente con el sector público, puede desempeñar un papel importante en la financiación de la mitigación y la adaptación (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). Se calcula que la proporción de la financiación total de la mitigación procedente del sector privado, teniendo en cuenta que los datos son limitados, es en promedio de entre dos tercios y tres cuartos de la financiación mundial (2010-2012) (*evidencia limitada, nivel de acuerdo medio*). En muchos países, las intervenciones financieras públicas de gobiernos y bancos de desarrollo nacionales e internacionales fomentan las inversiones climáticas del sector privado y aportan financiación en los casos en que es limitada la inversión del sector privado. La calidad del entorno propicio de un país comprende la efectividad de sus instituciones, reglamentaciones y directrices en relación con el sector privado, la seguridad de los derechos de propiedad, la credibilidad de las políticas y otros factores que tienen una notable influencia en la inversión en nuevas tecnologías e infraestructuras por las empresas privadas. Los instrumentos de política y los arreglos financieros específicos, como por ejemplo, seguros de crédito, tarifas compensadas y financiación o descuentos preferenciales, ofrecen un incentivo a la inversión al hacer que disminuyan los riesgos para los agentes privados. Como ejemplos de medidas de adaptación que permiten la participación del sector privado y dependen del mismo cabe

<sup>45</sup> Este rango comprende los escenarios en que se alcanzan niveles de 430 a 480 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 (en los que es probable que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales) y los escenarios en que se alcanzan de 480 a 530 ppm CO<sub>2</sub>-eq en 2100 (sin sobrepaso: en los que es más probable que improbable que se limite el calentamiento a 2 °C por encima de los niveles preindustriales).



**Figura 4.5** | Sinopsis de los flujos de financiación para el clima. Nota: el concepto capital incluye todos los flujos financieros pertinentes. El tamaño de los recuadros no indica la magnitud de los flujos financieros. {GTIII figura RT.40}

destacar las iniciativas de reducción de riesgos público-privadas a gran escala (como en el contexto de los sistemas de seguros) y la diversificación económica. {GTII RRP B-2, RRP C-1, GTIII RRP.5.1}

**La disponibilidad de recursos financieros para la adaptación se ha producido más lentamente que para la mitigación en los países desarrollados y en desarrollo. 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).** Las sinergias potenciales en el ámbito de las finanzas internacionales para la gestión de riesgos de desastre y la adaptación al cambio climático todavía no se han concretado por completo (nivel de confianza alto). 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). {GTII RRP C-1, 14.2, SREX RRP}

## 4.5 Contrapartidas, sinergias y respuestas integradas

Existen muchas posibilidades para vincular la mitigación, la adaptación y la consecución de otros objetivos sociales mediante el empleo de respuestas integradas (nivel de confianza alto). Para que la implementación sea satisfactoria es preciso contar con herramientas adecuadas, estructuras de gobernanza apropiadas y una capacidad mejorada de respuesta (nivel de confianza medio).

Un número cada vez mayor de pruebas empíricas indica la existencia de vínculos estrechos entre la adaptación y la mitigación, sus cobeneficios y efectos colaterales adversos, e interpreta el desarrollo sostenible como el contexto general para la política climática (véanse las secciones 3.5, 4.1, 4.2 y 4.3). El éxito de la política climática en el contexto del desarrollo sostenible depende de que se desarrollen herramientas para abordar estos vínculos (véanse también las secciones 4.4 y 3.5). En esta sección se presentan ejemplos de respuestas integradas en ámbitos políticos específicos, así como algunos de los factores que promueven u obstaculizan las políticas orientadas a múltiples objetivos.

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 de la salud humana, el agua, la energía, el uso del suelo y la biodiversidad (*nivel de confianza muy alto*). La mitigación puede contribuir al logro de otros objetivos sociales, como los relativos a la salud humana, la seguridad alimentaria, la calidad del medio ambiente, el acceso a la energía, los medios de subsistencia y el desarrollo sostenible, si bien también puede provocar efectos negativos. Las medidas de adaptación también tienen potencial para ofrecer cobeneficios de mitigación, y viceversa, y contribuir al logro de otros objetivos sociales, aunque también pueden producirse contrapartidas. {GTII RRP C-1, RRP C-2, 8.4, 9.3-9.4, 11.9, recuadro CC-AE, GTIII cuadro RT.3, cuadro RT.4, cuadro RT.5, cuadro RT.6, cuadro RT.7}

La incorporación de la adaptación y la mitigación en la planificación y la toma de decisiones puede promover sinergias con el desarrollo sostenible (*nivel de confianza alto*). Las sinergias y las contrapartidas entre las políticas de mitigación y adaptación y las políticas que favorecen el progreso de otras metas sociales pueden ser sustanciales, aunque a veces difíciles de cuantificar, especialmente en términos de bienestar (véase la sección 3.5). Una perspectiva de múltiples objetivos en la formulación de políticas puede contribuir al manejo de estas sinergias y contrapartidas. Las políticas que persiguen múltiples objetivos también pueden facilitar una mayor base de apoyo. {GTII RRP C-1, RRP C-2, 20.3, GTIII 1.2.1, 3.6.3, 4.3, 4.6, 4.8, 6.6.1}

Para que las respuestas integradas sean efectivas es necesario disponer de herramientas y estructuras de gobernanza adecuadas, así como la capacidad adecuada (*nivel de confianza medio*). La gestión de las contrapartidas y las sinergias constituye un reto y requiere herramientas que ayuden a comprender las interacciones y respalden la toma de decisiones a escala local y regional. Las respuestas integradas también dependen de una gobernanza que permita la coordinación entre diferentes escalas y sectores, con el apoyo de las instituciones apropiadas. El diseño y aplicación de herramientas y estructuras de gobernanza adecuadas a menudo requiere mejorar la capacidad humana e institucional para diseñar y aplicar respuestas integradas. {GTII RRP C-1, RRP C-2, 2.2, 2.4, 15.4, 15.5, 16.3, cuadro 14-1, cuadro 16-1, GTIII RT.1, RT.3, 15.2}

Mediante un enfoque integrado de la planificación y la implantación energética que evalúe explícitamente los posibles cobeneficios y la presencia de efectos colaterales adversos pueden promoverse complementariedades entre múltiples objetivos climáticos, sociales y ambientales (*nivel de confianza medio*). Existen grandes efectos de interacción entre diversos objetivos de política energética, como la seguridad energética, la calidad del aire, la salud y el acceso a la energía (véase la figura 3.5) y entre una gama de objetivos sociales y ambientales y objetivos de mitigación del cambio climático (véase el cuadro 4.5). Entre las herramientas que pueden contribuir a un enfoque integrado figuran el análisis de costos y beneficios, el análisis de costo-efectividad, el análisis de atributos múltiples y la teoría de la utilidad esperada, entre otras. Dicho enfoque integrado también precisa instituciones de coordinación apropiadas. {GTIII figura RRP.6, RT.1, RT.3}

La consideración explícita de las interacciones entre el agua, los alimentos, la energía y el secuestro biológico de carbono desempeña un papel importante de apoyo en la toma de decisiones efectivas relativas a las trayectorias resilientes al clima (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*). La generación de energía a partir de biocombustibles y la forestación a gran escala con miras a mitigar el cambio climático pueden reducir la captación de aguas de escorrentía, que podría entrar en conflicto con los usos alternativos de agua para la producción de alimentos, el consumo humano o el mantenimiento de la función y los servicios de los ecosistemas (véase también el recuadro 3.4). Por el contrario, el riego puede aumentar la resiliencia al clima de la producción de alimentos y fibras, pero reduce la disponibilidad de agua para otros usos. {GTII recuadro CC-AE, recuadro RT.9}

Una respuesta integrada a la urbanización ofrece importantes oportunidades para aumentar la resiliencia, reducir las emisiones y lograr un desarrollo más sostenible (*nivel de confianza medio*). Las zonas urbanas representan más de la mitad de la energía primaria consumida y las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía a nivel mundial (*evidencia media, nivel de acuerdo alto*) y contienen una alta proporción de la población y las actividades económicas en situación de riesgo por el cambio climático. En las regiones que están creciendo y urbanizándose rápidamente, las estrategias de mitigación basadas en la planificación territorial y la implantación de infraestructuras eficientes pueden evitar el efecto de bloqueo asociado a las pautas de altas emisiones. La zonificación de uso mixto, el desarrollo orientado al transporte, el aumento de la densidad y la proximidad entre los centros de trabajo y los hogares pueden reducir el uso directo e indirecto de energía en todos los sectores. El desarrollo compacto de los espacios urbanos y la densificación inteligente pueden preservar las reservas de carbono en el suelo y la tierra para fines agrícolas y bioenergéticos. Como ejemplos de medidas de mitigación con beneficios derivados de la adaptación, cabe destacar la reducción del consumo de energía y agua en las zonas urbanas mediante la apuesta por ciudades cada vez más ecológicas y el reciclaje del agua. Mediante la construcción de sistemas de infraestructuras resilientes puede reducirse la vulnerabilidad de los asentamientos urbanos y las ciudades ante las inundaciones en las zonas costeras, la elevación del nivel del mar y otros factores de estrés inducidos por el clima. {GTII RRP B-2, RRP C-1, RT B-2, RT C-1, RT C-2, GTIII RRP.4.2.5, RT.3}



**Anexos**



**ANEXO**



# **Guía del usuario**

## Guía del usuario

Tal como se ha definido en los procedimientos del IPCC, el Informe de síntesis resume e integra los datos incluidos en los Informes de Evaluación e informes especiales del IPCC. El Informe de síntesis del Quinto Informe de Evaluación (IE5) incorpora datos aportados a dicho informe por los tres Grupos de trabajo y se nutre de información contenida en otros informes del IPCC, según el caso. Está basado exclusivamente en las evaluaciones de los Grupos de trabajo del IPCC y no contiene referencias a las publicaciones científicas básicas ni juzga sus conclusiones.

El Informe de síntesis es un resumen independiente y condensado de la información, mucho más amplia, que figura en los informes de los Grupos de trabajo en que se basa. Se pueden consultar los datos según el grado de detalle necesario de la siguiente forma: el Resumen para responsables de políticas (RRP) del Informe de síntesis contiene el resumen más condensado de los conocimientos actuales sobre los aspectos científicos, técnicos y socioeconómicos del cambio climático. Todas las referencias que figuran entre llaves en dicho RRP remiten a las secciones del informe más extenso. El informe más extenso está conformado por una introducción y cuatro temas. Los números de las secciones del RRP se corresponden en gran medida con los números de las secciones de los distintos temas. Al final de cada párrafo figuran referencias entre llaves en cursiva. Estas aluden a los Resúmenes para responsables de políticas, los Resúmenes técnicos, los resúmenes de los capítulos y los capítulos (con los números de capítulo y sección) de las contribuciones de base de los Grupos de trabajo al Quinto Informe de Evaluación (IE5) y los informes especiales del Quinto Informe de Evaluación. Las referencias al Cuarto Informe de Evaluación (IE4) del IPCC de 2007 se identifican mediante la adición de "IE4" a la referencia.

Quien desee conocer más a fondo los pormenores científicos o acceder a las publicaciones científicas básicas de las que se ha nutrido el Informe de síntesis puede consultar las secciones correspondientes de los capítulos de los informes de base de los Grupos de trabajo citados en el informe más extenso del Informe de síntesis. En esos capítulos de los informes de los Grupos de trabajo se incluyen referencias completas a la bibliografía científica básica consultada para las evaluaciones del IPCC, y se ofrece la información más detallada, por regiones y por sectores.

Se incluye a continuación un glosario, junto con una lista de siglas, listas de autores y revisores, una lista de las publicaciones del IPCC (anexos) y un índice terminológico, a fin de facilitar la lectura del presente informe.

# Glosario

## Editores del Glosario

Katharine J. Mach (Estados Unidos de América), Serge Planton (Francia), Christoph von Stechow (Alemania)

## Contribuyentes al Glosario

Myles R. Allen (Reino Unido), John Broome (Reino Unido), John A. Church (Australia), Leon Clarke (Estados Unidos de América), Piers Forster (Reino Unido), Pierre Friedlingstein (Reino Unido/Bélgica), Jan Fuglestedt (Noruega), Gabriele Hegerl (Reino Unido/Alemania), Blanca Jiménez Cisneros (México/UNESCO), Vladimir Kattsov (Federación de Rusia), Howard Kunreuther (Estados Unidos de América), Leo Meyer (Países Bajos), Jan Minx (Alemania), Yacob Mulugetta (Etiopía), Karen O'Brien (Noruega), Michael Oppenheimer (Estados Unidos de América), Gian-Kasper Plattner (Suiza), Andy Reisinger (Nueva Zelandia), Robert Scholes (Sudáfrica), Melinda Tignor (Suiza/Estados Unidos de América), Detlef van Vuuren (Países Bajos)

## Facilitación de la Unidad de apoyo técnico

Noémie Leprince-Ringuet (Francia)

Este anexo debe ser citado del siguiente modo:

IPCC, 2014: Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.

En el presente glosario se definen algunos términos específicos tal como el Equipo principal de redacción del Informe de síntesis desea que se interpreten en el contexto de este informe. Las palabras en letra roja y en cursiva denotan términos definidos en el glosario. Las referencias a los Grupos de trabajo (GT) I, II y III que figuran en cursiva al final de cada término del glosario remiten a los glosarios elaborados por los Grupos de trabajo para el Quinto Informe de Evaluación y deben interpretarse del siguiente modo: GTI (IPCC, 2013a), GTII (IPCC, 2014a) y GTIII (IPCC, 2014b).

### Acceso a la energía (*energy access*)

Acceso a servicios energéticos limpios, fiables y asequibles para cocinar y para la calefacción, la iluminación, las comunicaciones y usos productivos (Grupo asesor sobre energía y cambio climático, 2010). {GTIII}

### 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 (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera, pero también por otras adiciones químicas o sustracciones del océano. La acidificación antropógena del océano hace referencia a la proporción de la disminución del *pH* causada por la actividad humana (IPCC, 2011, pág. 37). {GTI, II}

### Acuerdos de Cancún (*Cancún Agreements*)

Conjunto de decisiones aprobadas en el 16° período de sesiones de la Conferencia de las Partes (CP) en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), entre ellas las siguientes: el recién establecido Fondo Verde para el Clima, un mecanismo tecnológico de reciente creación, un procedimiento para avanzar en los debates sobre *adaptación*, un procedimiento formal para informar sobre los compromisos en materia de *mitigación*, un objetivo de limitación del aumento de la temperatura media global en superficie en 2 °C, y un acuerdo sobre medición, notificación y verificación para los países que reciben apoyo internacional para sus iniciativas de *mitigación*. {GTIII}

### Adaptación (*adaptation*)

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.<sup>1</sup> {GTII, III}

### Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU y FOLU/LULUCF) (*agriculture, forestry and other land use (AFOLU and FOLU/LULUCF)*)

La agricultura, silvicultura y otros usos del suelo desempeña una función esencial en relación con la *seguridad alimentaria* y el *desarrollo sostenible*. Las principales opciones de *mitigación* en la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo implican una o varias de las siguientes tres estrategias: evitar las emisiones a la atmósfera mediante la

conservación de los reservorios de carbono existentes en los suelos o la vegetación o mediante la reducción de las emisiones de metano y óxido nítrico; el *secuestro* —se aumenta el tamaño de los reservorios de carbono existentes, y por tanto se extrae dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera—; y la *sustitución* —se sustituyen combustibles fósiles o productos que contienen mucha energía por productos biológicos, por lo que se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>—. También pueden ser de utilidad las medidas desde la perspectiva de la demanda (p. ej., mediante la reducción de las pérdidas y los desechos de alimentos, cambios en la dieta humana o cambios en el consumo de madera).

La silvicultura y otros usos del suelo (FOLU) —también denominada uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (LULUCF)— es el subconjunto de emisiones y remociones conexas a la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo de los gases de efecto invernadero (GEI) resultantes de las actividades humanas directamente relacionadas con el *uso del suelo*, el *cambio de uso del suelo* y la silvicultura, excluidas las emisiones agrícolas. {GTIII}

### Albedo (*albedo*)

Fracción de radiación solar reflejada por una superficie u objeto, frecuentemente expresada en términos porcentuales. El albedo de los suelos puede adoptar valores altos, como en las superficies cubiertas de nieve, o bajos, como en las superficies cubiertas de vegetación y los océanos. El albedo planetario de la Tierra varía principalmente en función de la nubosidad, de la nieve, del hielo, de la superficie foliar y de la cubierta terrestre. {GTI, III}

### Altimetría (*altimetry*)

Técnica para medir la altura de la superficie de la Tierra con respecto al geocentro de la Tierra con arreglo a un marco de referencia terrestre definido para todo el planeta (nivel del mar geocéntrico). {GTI}

### Atribución (*attribution*)

Véase *detección y atribución*. {GTI, II}

### Base/referencia (*baseline/reference*)

Estado respecto del cual se mide un cambio. Un período de referencia es el período relativo al cual se computan las anomalías. En el contexto de las *vías de transformación*, la expresión *escenarios de referencia* denota escenarios que están basados en la hipótesis de que no se aplicará ninguna política o medida de *mitigación* más allá de las que están ya en vigor, se han promulgado o está previsto que se aprueben. Los escenarios de referencia no pretenden ser predicciones del futuro, sino más bien construcciones hipotéticas que pueden servir para poner de relieve el nivel de emisiones al que se llegaría sin aplicar otras políticas. Normalmente, los escenarios de referencia se comparan con los *escenarios de mitigación* que se construyen para cumplir diferentes objetivos respecto de las emisiones de gases de efecto invernadero, las concentraciones atmosféricas o el cambio de temperatura. La expresión *escenario base* se utiliza indistintamente con *escenario de referencia* o *escenario sin políticas*. En una buena parte de la bibliografía también es sinónimo de *escenario sin introducción de cambios*, si bien esta expresión ha perdido apoyo debido a que la idea de inacción es difícil de imaginar en las proyecciones socioeconómicas a lo largo de

<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.

un siglo. Véanse también *escenario de emisiones*, *trayectorias de concentración representativas* y *escenarios del IE-EE*. {GTI, II, III}

### Beneficios accesorios (*ancillary benefits*)

Véase *cobeneficios*. {GTII, III}

### 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>2</sup>. {GTII, III}

### Bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS) (*bioenergy and carbon dioxide capture and storage (BECCS)*)

Aplicación de la tecnología de *captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)* a los procesos de conversión de bioenergía. Dependiendo de las emisiones en todo el ciclo de vida, incluidos los efectos indirectos marginales totales (debidos al *cambio indirecto de uso del suelo* y otros procesos), la bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono presenta posibilidades de remoción neta de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera. Véase también *secuestro*. {GTIII}

### Bosque (*forest*)

Tipo de vegetación en la que predominan los árboles. Las definiciones de bosque en distintos lugares del mundo son muy diversas, en consonancia con la diversidad de condiciones biogeofísicas, estructuras sociales y características económicas. Para un análisis del término *bosque* y de los conceptos relacionados *forestación*, *reforestación* y *deforestación*, véase el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b). Véanse también la información facilitada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2013) y el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003). {GTI, III}

### Calentamiento global (*global warming*)

Denota el aumento gradual, observado o proyectado, de la temperatura global en superficie, como una de las consecuencias del *forzamiento radiativo* provocado por las emisiones antropógenas. {GTIII}

### Cambio abrupto/cambio climático abrupto (*abrupt change/abrupt climate change*)

Un cambio abrupto es un cambio que se produce mucho más rápido que el ritmo de evolución observado en la historia reciente de los componentes afectados de un sistema. Un *cambio climático* abrupto es un 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. {GTI, II, III}

### 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 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 del clima* atribuible a causas naturales. Véase también *detección y atribución*. {GTI, II, III}

### Cambio estructural (*structural change*)

Modificación, por ejemplo, de la distribución relativa del producto interno bruto (PIB) producido por los sectores industrial, agrícola y de servicios de una economía o, de manera más general, las *transformaciones* de los sistemas cuando algunos componentes son reemplazados o sustituidos potencialmente por otros. {GTIII}

### Capacidad de adaptación (*adaptive capacity*)

Capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias<sup>3</sup>. {GTII, III}

### Captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) (*carbon dioxide capture and storage (CCS)*)

Proceso en el que un flujo relativamente puro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedente de fuentes industriales y de fuentes relacionadas con la energía se separa (captura), se condiciona, se comprime y se transporta hasta un lugar de almacenamiento para su aislamiento de la atmósfera durante un largo período de tiempo. Véanse también *bioenergía y captura y almacenamiento de dióxido de carbono (BECCS)* y *secuestro*. {GTIII}

### Ciclo del carbono (*carbon cycle*)

Término que describe el flujo de carbono (en forma, por ejemplo, de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)) 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 GtCO<sub>2</sub> o GtC (gigatonelada de carbono = 1 GtC = 10<sup>15</sup> gramos de carbono; equivale a 3,667 GtCO<sub>2</sub>). {GTI, II, III}

### 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 nue-

<sup>2</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).

<sup>3</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).

vamente. Los distintos sistemas que intervienen en el ciclo hidrológico suelen denominarse sistemas hidrológicos. {GTI, II}

### **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 magnitud observable) suele corresponderse con 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, donde 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. {GTI, II}

### **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 miles o millones de años. El período de promedio habitual es de 30 años, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes son casi siempre variables de superficie (p. ej., temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado, incluida una descripción estadística, del *sistema climático*. {GTI, II, III}

### **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 supeditados a la *incertidumbre* y dependen, entre otros factores, de las circunstancias locales y las prácticas de aplicación. Los cobeneficios a menudo se denominan *beneficios secundarios*. {GTII, III}

### **Compromisos de Cancún (*Cancún Pledges*)**

Durante 2010 muchos países presentaron a la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) sus planes en vigor para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero y esas propuestas ya se han reconocido formalmente en el marco de la CMNUCC. Los países desarrollados presentaron sus planes para la reducción de las emisiones en forma de objetivos en todos los sectores económicos, principalmente hasta 2020, mientras que las propuestas de los países en desarrollo para limitar el crecimiento de las emisiones fueron en forma de planes de acción. {GTIII}

### **Concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente (*CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>-eq) concentration*)**

Concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que produciría el mismo *forzamiento radiativo* que una mezcla dada de CO<sub>2</sub> y otros componentes de forzamiento. Esos valores pueden tener en cuenta únicamente los gases de efecto invernadero (GEI) o una combinación de GEI, aerosoles y cambio del *albedo* de la superficie. La concentración de CO<sub>2</sub>-equivalente es un parámetro para comparar el *forzamiento radia-*

*tivo* de una mezcla de diferentes componentes de forzamiento en un momento determinado, aunque no implica una equivalencia en las respuestas correspondientes por lo que se refiere al cambio climático ni al futuro forzamiento. Generalmente no existe ninguna relación entre las *emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente* y las concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente resultantes. {GTI, III}

### **Condicionante (*lock-in*)**

Ocurre al paralizarse un mercado por la introducción de una norma, aunque existan mejores alternativas para los participantes. En el presente informe, el término se utiliza con el sentido más amplio de dependencia del camino seguido, que es la situación general en que las decisiones, sucesos o resultados en un momento dado limitan la *adaptación*, la *mitigación* u otras medidas u opciones en un momento posterior. {GTII, III}

### **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 en el nivel de consenso. En este informe, la confianza se expresa de forma cualitativa (Mastrandrea y otros, 2010). Véanse, en la contribución del GTI al IE5, la figura 1.11, en relación con los niveles de confianza, y el cuadro 1.2, para consultar la lista de los calificadores de *probabilidad*; véase GTII IE5 recuadro 1-1. Véase también *incertidumbre*. {GTI, II, III}

### **Costo social del carbono (*social cost of carbon (SCC)*)**

Valor actualizado neto de los daños climáticos (con los daños expresados como número positivo) de una tonelada más de carbono en forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que depende de la trayectoria global de emisiones a lo largo del tiempo. {GTII, III}

### **Costo-efectividad (*cost-effectiveness*)**

Una política es más costo-efectiva si consigue un determinado objetivo de las políticas a un costo menor. Los *modelos integrados* hacen aproximaciones de soluciones costo-efectivas, a menos que su comportamiento se limite específicamente de otro modo. Los *escenarios de mitigación* costo-efectivos son los que se basan en un enfoque de ejecución estilizado en el que se aplica un precio único sobre el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero (GEI) en todo el mundo en todos los sectores de todos los países, precio que aumenta con el tiempo de modo que se logren los precios de descuento más bajos a nivel mundial. {GTIII}

### **Costos privados (*private costs*)**

Son los incurridos por particulares, empresas y otras entidades privadas que realizan una actividad, mientras que los *costos sociales* comprenden además los costos externos relacionados con el medio ambiente y la sociedad en su conjunto. Las estimaciones cuantitativas de los costos privados y los costos sociales pueden ser incompletas, debido a las dificultades para medir todos los efectos pertinentes. {GTIII}

### **Costos sociales (*social costs*)**

Véase *costos privados*. {GTIII}

### **Crecida (*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 crecidas comprenden las fluviales, súbitas, urbanas, pluviales, de aguas residuales, costeras y de desbordamiento de lagos glaciares. {GTII}

### 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. {GTII}

### Deforestación (*deforestation*)

Conversión de una extensión boscosa en no boscosa. Para un análisis del término *bosque* y de los conceptos relacionados *forestación*, *reforestación* y *deforestación*, véase el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b). Véanse también la información facilitada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2013) y el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003). {GTI, II}

### 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). {GTII, III}

### 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. {GTII}

### 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. {GTII, III}

### Descuento (*discounting*)

Operación matemática que hace que las cantidades monetarias (o de otra índole) 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. {GTII, III}

### 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 de uso del suelo*). {GTII}

### 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 senti-

do 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, 2010). {GTI, II}

### 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 son relativamente precisos, 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 influyen en ellos los efectos de las actividades humanas en su entorno. {GTI, II, III}

### Efectos colaterales adversos (*adverse side-effects*)

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. A menudo, los efectos colaterales adversos están sujetos a *incertidumbre* y dependen, entre otros factores, de las circunstancias locales y las prácticas de aplicación. Véanse también *cobeneficios* y *riesgo*. {GTIII}

### 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 oceánico está asociado a cierta fluctuación de una configuración global de la presión en la superficie tropical y subtropical que se denomina *Oscilación del Sur*. Este fenómeno atmósfera-océano acoplado, cuya escala de tiempo más habitual abarca entre dos y aproximadamente siete años, es conocido como *El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)*. Su presencia suele determinarse en función de la anomalía de presión en superficie entre Tahití y Darwin y de las temperaturas superficiales del mar en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial. Durante un episodio de ENOS, los alisios habituales se debilitan, reduciendo el flujo ascendente y alterando las corrientes oceánicas, con lo que aumenta la temperatura superficial del mar, lo cual debilita a su vez los alisios. Este fenómeno afecta considerablemente a la configuración del viento, la temperatura superficial del mar y la precipitación en el Pacífico tropical. Sus efectos influyen en el clima de toda la región del Pacífico y de muchas otras partes del mundo mediante teleconexiones en toda la extensión del planeta. La fase fría de ENOS se denomina *La Niña*. Para consultar los índices correspondientes, véase GTI IE5 recuadro 2.5. {GTI, II}

### Emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente (*CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>-eq) emission*)

Cuantía de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que causaría el mismo *forzamiento radiativo* integrado, en un horizonte temporal

determinado, que cierta cantidad emitida de un gas de efecto invernadero (GEI) o de una mezcla de GEI. La emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente se calcula multiplicando la emisión de un GEI por su *potencial de calentamiento global (PCG)* en el horizonte temporal determinado (véanse GTI capítulo 8, cuadro 8.A.1 y GTIII anexo II.9.1 para consultar los valores del *PCG* de los distintos GEI). En el caso de las mezclas de GEI, se suman las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente correspondientes a cada gas. La emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente constituye una escala común para comparar las emisiones de diferentes GEI, aunque no implica una equivalencia exacta de las respuestas correspondientes en relación con el cambio climático. Generalmente no existe ninguna relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente y las *concentraciones de CO<sub>2</sub>-equivalente* resultantes. {GTI, III}

### **Emisiones indirectas (*indirect emissions*)**

Emisiones que son consecuencia de las actividades que se realizan dentro de límites bien definidos, por ejemplo, una región, un sector económico, una empresa o un proceso, pero ocurren fuera de los límites especificados. Por ejemplo, las emisiones se califican de indirectas si se derivan del uso de calor pero físicamente tienen lugar fuera de los límites del usuario del calor, o bien se derivan de la producción de electricidad pero físicamente tienen lugar fuera de los límites del sector de suministro de energía. {GTIII}

### **Emisiones negativas netas (*net negative emissions*)**

Se produce una situación de emisiones negativas netas cuando, como resultado de las actividades humanas, se secuestran o almacenan más gases de efecto invernadero que los que se liberan a la atmósfera. {recuadro 2.2 del Informe de síntesis, nota a pie de página 29}

### **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 del clima* generada internamente en el caso de las *proyecciones climáticas*. {GTI, II}

### **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 y aerosoles), basada en un conjunto coherente de supuestos sobre los factores que las impulsan (p. ej., el desarrollo demográfico y socioeconómico, el cambio tecnológico, la energía y el *uso del suelo*) y las principales relaciones entre ellos. Los escenarios de concentraciones, obtenidos a partir de los escenarios de emisiones, se introducen en un *modelo climático* para obtener *proyecciones climáticas*. En IPCC (1992) se presentó un conjunto de escenarios de emisiones utilizados para las *proyecciones climáticas* publicadas en IPCC (1996). Ese conjunto de escenarios se denomina IS92. En el Informe especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (IPCC, 2000a) se publicaron los nuevos *escenarios del IE-EE*, de los cuales se utilizaron varios, en particular, para las *proyecciones del*

*clima* expuestas en los capítulos 9 a 11 de la contribución del GTI al Tercer Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2001a) y en los capítulos 10 y 11 de la contribución del GTI al IE4 del IPCC (IPCC, 2007) y de la contribución del GTI al IE5 del IPCC (IPCC, 2013b). 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 *base/referencia*, *escenario de mitigación* y *trayectoria de transformación*. {GTI, II, III}

### **Escenario de mitigación (*mitigation scenario*)**

Descripción plausible del futuro, que describe la respuesta del sistema (estudiado) a la ejecución de políticas y medidas de *mitigación*. Véanse también *base/referencia*, *escenario de emisiones*, *trayectorias de concentración representativas (RCP)*, *escenarios del IE-EE* y *trayectoria de transformación*. {GTIII}

### **Escenarios del IE-EE (Informe especial sobre escenarios de emisiones) (*SRES scenarios*)**

*Escenarios de emisiones* desarrollados por el IPCC (2000a) y utilizados, en particular, como base para algunas de las *proyecciones climáticas* expuestas en los capítulos 9 a 11 de la contribución del GTI al Tercer Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2001a) y en los capítulos 10 y 11 de la contribución del GTI al IE4 del IPCC (IPCC, 2007) y de la contribución del GTI al IE5 del IPCC (IPCC, 2013b). {GTI, II, III}

### **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 inmediatos que entraña la eutrofización son la hipoxia (o agotamiento del oxígeno) y la proliferación de algas dañinas. {GTII}

### **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 ambiental y las respuestas de política a dicho cambio. Véase también *modelos integrados*. {GTII, III}

### **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 su volumen y, por consiguiente, un aumento del nivel del mar. {GTI, II}

### **Exposición (*exposure*)**

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. {GTII}

### **Fenómeno climático extremo (*fenómeno meteorológico extremo*) (*climate extreme (extreme weather or climate event)*)**

Véase *fenómeno meteorológico extremo*. {GTI, II}

**Fenómeno meteorológico extremo (*extreme weather event*)**

Fenómeno meteorológico excepcional en un determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de excepcional son diversas, la excepcionalidad habitual de un fenómeno meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 10 o 90 de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un fenómeno meteorológico extremo pueden variar de un lugar a otro en sentido absoluto. Una configuración extrema del tiempo puede clasificarse como *fenómeno 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). {GTI, II}

**Financiación climática (*climate finance*)**

No existe ninguna definición convenida de financiación climática. El término *financiación climática* se aplica tanto a los recursos financieros dedicados a afrontar el *cambio climático* a nivel mundial como a los flujos financieros hacia los países en desarrollo para ayudarlos a afrontar el *cambio climático*. En la literatura se incluyen diversos conceptos en esas categorías; algunos de los más utilizados son los siguientes: {GTIII}

**Gastos adicionales**

Costo de capital de la *inversión adicional* y la variación de los gastos de funcionamiento y mantenimiento de un proyecto de *mitigación* o *adaptación* en comparación con un proyecto de referencia. Se puede calcular como la diferencia de los valores actualizados netos de ambos proyectos.

**Inversión adicional**

Es el capital adicional necesario para la inversión nacional de un proyecto de *mitigación* o *adaptación* en comparación con un proyecto de referencia.

**Financiación total para el clima**

Total de las corrientes financieras con el efecto esperado de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero o aumentar la *resiliencia* ante los *impactos* de la *variabilidad del clima* y el *cambio climático* previsto. Abarca las corrientes nacionales e internacionales de los gastos de fondos privados y públicos destinados a la *mitigación* de la actual *variabilidad del clima* y el futuro *cambio climático* y la *adaptación* a ellos.

**Corriente total de financiación para el clima hacia países en desarrollo**

Parte de la financiación total para el clima invertida en países en desarrollo proveniente de países desarrollados. Abarca los fondos privados y públicos.

**Corriente de financiación privada para el clima hacia países en desarrollo**

Financiación e inversiones aportadas por actores privados en países desarrollados o desde estos para actividades de *mitigación* y *adaptación* en países en desarrollo.

**Corriente de financiación pública para el clima hacia países en desarrollo**

Financiación proporcionada por gobiernos de países desarrollados e instituciones bilaterales, así como por instituciones multilaterales

para actividades de *mitigación* y *adaptación* en países en desarrollo. La mayoría de los fondos proporcionados son préstamos en condiciones favorables y donaciones.

**Forestación (*afforestation*)**

Plantación de nuevos *bosques* en tierras que históricamente no han contenido *bosque*. Para un análisis del término *bosque* y de los conceptos relacionados *forestación*, *reforestación* y *deforestación*, véase el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b). Véanse también la información facilitada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2013) y el informe *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types* (IPCC, 2003). {GTI, III}

**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 antropógenos de la composición de la atmósfera y el *cambio de uso del suelo*. El forzamiento orbital también constituye un forzamiento externo, puesto que la insolación se modifica con la excentricidad de los parámetros orbitales, la inclinación y la precesión de los equinoccios. {GTI, II}

**Forzamiento radiativo (*radiative forcing*)**

La potencia de los elementos impulsores se cuantifica como forzamiento radiativo en unidades de vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>), como figura en anteriores evaluaciones del IPCC. El forzamiento radiativo es el cambio en el flujo de energía causado por un elemento impulsor y se calcula en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera. {GTI}

**Fuga (*leakage*)**

Los fenómenos que dan lugar a la reducción en las emisiones (en relación con un nivel de *referencia*) en una jurisdicción o sector y están asociadas a la aplicación de una política de *mitigación* se compensan en cierta medida mediante un aumento fuera de la jurisdicción o el sector a través de cambios inducidos en el consumo, la producción, los precios, el *uso del suelo* o el comercio a través de las jurisdicciones o los sectores. La fuga puede ocurrir en diversos niveles, ya sea en la región del proyecto o en una región estatal, provincial, nacional o mundial.

En el contexto de la *captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)*, se entiende por *fuga de CO<sub>2</sub>* el escape de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) inyectado desde el emplazamiento de almacenamiento y la liberación final a la atmósfera. En relación con otras sustancias, el término se utiliza de forma más general, como en los casos de *fuga de metano* (CH<sub>4</sub>) (p. ej., por actividades de extracción de combustibles fósiles), y *fuga de hidrofluorocarbonos* (HFC) (p. ej., desde sistemas de refrigeración y aire acondicionado). {GTIII}

**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 una 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). {GTI, II, III}

### Gestión de la radiación solar (*solar radiation management (SRM)*)

La gestión de la radiación solar hace referencia a la modificación intencional del balance radiativo de onda corta de la Tierra con el fin de reducir el *cambio climático* con arreglo a un mecanismo de medición determinado (p. ej., temperatura en superficie, precipitación, *impactos* regionales, etc.). Dos ejemplos de técnicas de gestión de la radiación solar son la inyección artificial de aerosoles estratosféricos y la intensificación del brillo de las nubes. Los métodos utilizados para modificar algunos elementos de respuesta rápida del balance radiativo de onda larga (como los cirrus), si bien no son en sentido estricto métodos de gestión de la radiación solar, pueden estar relacionados con estos. Las técnicas de gestión de la radiación solar no están contempladas en las definiciones habituales de *mitigación* y *adaptación* (IPCC, 2012b, pág. 2). Véanse también *remoción de dióxido de carbono* y *geoingeniería*. {GTI, III}

### Gestión de riesgos (*risk management*)

Planes, medidas o políticas aplicados para reducir la *probabilidad* o las consecuencias de los *riesgos* o para responder a sus consecuencias. {GTII}

### Gestión integrada de zonas costeras (*integrated coastal zone management (ICZM)*)

Enfoque integrado para la gestión sostenible de las zonas costeras, teniendo en cuenta todos los hábitats y usos costeros. {GTII}

### Impactos (consecuencias, resultados) (*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, 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 *crecidas*, las *sequías* y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos. {GTII}

### Impuesto sobre el carbono (*carbon tax*)

Grava el contenido de carbono de los combustibles fósiles. Como prácticamente todo el carbono contenido en esos combustibles es emitido en última instancia en forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), un impuesto

sobre el carbono es equivalente a la aplicación de un impuesto sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. {GTIII}

### 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 deberse a distintas circunstancias, desde la imprecisión en los datos hasta una definición ambigua de un concepto o término, o una proyección incierta del comportamiento humano. Por ello, la incertidumbre puede representarse mediante magnitudes cuantitativas (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*. {GTI, II, III}

### Intensidad de carbono (*carbon intensity*)

Cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado por unidad de otra variable como el producto interno bruto (PIB), el uso de energía final o el transporte. {GTIII}

### Intensidad energética (*energy intensity*)

Relación entre el consumo de energía y la producción física o económica. {GTIII}

### Irreversibilidad (*irreversibility*)

El estado perturbado de un sistema dinámico se define como irreversible en una determinada escala temporal si la escala del tiempo necesario para que el sistema se recupere partiendo de ese estado mediante procesos naturales es considerablemente mayor que la del tiempo consumido para alcanzar ese estado perturbado. En el contexto del presente informe, la escala de tiempo de interés abarca desde cientos de años hasta miles de años. Véase también *punto crítico*. {GTI}

### Límite de 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. {GTII}

#### *Límite estricto de la adaptación*

No se pueden adoptar medidas de adaptación para evitar *riesgos* intolerables.

#### *Límite suave de la adaptación*

Actualmente no se dispone de opciones para evitar *riesgos* intolerables mediante medidas de adaptación.

### *Manto de hielo marino (marine-based ice sheet)*

Manto de hielo que abarca una región sustancial y reposa sobre una capa ubicada bajo el nivel del mar y cuyo perímetro está en contacto con el océano. El ejemplo más conocido es el manto de hielo de la Antártida Occidental. {GTI}

### Marea meteorológica (*storm surge*)

Aumento episódico de la altura del mar en un determinado lugar causado por condiciones meteorológicas extremas (presión atmosférica baja o vientos fuertes). Se define como la diferencia entre el nivel de la marea alcanzado y el esperado en un lugar y momento dados. {GTI, II}

**Mitigación (del cambio climático) (*mitigation (of climate change)*)**

Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los *sumideros* de gases de efecto invernadero. En este informe también se analizan las intervenciones humanas dirigidas a reducir las fuentes de otras sustancias que pueden contribuir directa o indirectamente a la limitación del *cambio climático*, entre ellas, por ejemplo, la reducción de las emisiones de partículas en suspensión que pueden alterar de forma directa el balance de radiación (p. ej., el carbono negro) o las medidas de control de las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes que pueden alterar la concentración de ozono troposférico, el cual tiene un efecto indirecto en el *clima*. {GTI, II, III}

**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. {GTI, II, III}

**Modelo climático global (también denominado modelo de circulación general) (*global climate model (also referred to as general circulation model, both abbreviated as GCM)*)**

Véase *modelo climático*. {GTI, II}

**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. Puede incluir asimismo 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*. {GTI, II}

**Modelos integrados (*integrated models*)**

Los modelos integrados estudian las interacciones entre diversos sectores de la economía o los componentes de determinados sistemas, como el sistema energético. En el contexto de las *trayectorias de transformación*, hacen referencia a modelos que, como mínimo, comprenden representaciones completas y desagregadas del sistema energético y su vinculación con la economía general que permitirá considerar las interacciones entre distintos elementos de ese sistema. Estos modelos también pueden abarcar representaciones de toda la economía, el *uso del suelo y cambio de uso del suelo*, así como del *sistema climático*. Véase también *evaluación integrada*. {GTIII}

**Motivos de preocupación (*reasons for concern*)**

Elementos de un marco de clasificación, desarrollado por primera vez en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2001b), 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 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)) al añadir *impactos*, *riesgos* y *vulnerabilidades*. {GTII}

**Ola de calor (*heat wave*)**

Período de tiempo anormalmente caluroso e incómodo. {GTI, II}

**Peligro (*hazard*)**

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. {GTII}

**Permafrost (*permafrost*)**

Terreno (suelo o roca, junto con el hielo y la materia orgánica que contiene) que permanece a un máximo de 0 °C durante al menos dos años consecutivos. {GTI, II}

**pH (*pH*)**

Unidad sin dimensiones que mide el grado de acidez del agua (o de una solución), manifestado en la concentración de iones de hidrógeno (H<sup>+</sup>) en ella. El pH se mide con arreglo a una escala logarítmica en virtud de la cual  $\text{pH} = -\log_{10}(\text{H}^+)$ . Así, cuando el pH disminuye en una unidad, la concentración de H<sup>+</sup>, es decir, la acidez, se multiplica por 10. {GTI}

**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) o relaciones sociales (como clase social, dependencia, exclusión, falta de seguridad básica o ausencia de derechos). {GTII}

**Pobreza de combustible (*fuel poverty*)**

Condición en la que un hogar no es capaz de garantizar un determinado nivel de consumo de servicios energéticos domésticos (especialmente calefacción) o ha de realizar gastos desproporcionados para satisfacer esas necesidades. {GTIII}

**Política de bajo riesgo (*low regrets policy*)**

Política que generaría beneficios sociales o económicos netos en el escenario climático actual y en diversos escenarios futuros de *cambio climático*. {GTII}

**Potencial de calentamiento global (PCG) (*global warming potential (GWP)*)**

Índice que mide el *forzamiento radiativo* tras una emisión de una unidad de masa de cierta sustancia, acumulada durante un horizonte

temporal determinado, en comparación con el causado por la sustancia de referencia: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Por consiguiente, el PCG representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esas sustancias en la atmósfera y de su eficacia relativa como causantes de *forzamiento radiativo*. {GTI, III}

### Potencial de cambio en la temperatura global (PCTG) (*global temperature change potential (GTP)*)

Índice que mide el cambio de la temperatura media global en superficie en un punto temporal determinado tras una emisión de una unidad de masa de cierta sustancia, en comparación con el causado por la sustancia de referencia: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Por consiguiente, el potencial de cambio en la temperatura global (PCTG) representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esas sustancias en la atmósfera, su eficacia relativa como causantes de *forzamiento radiativo* y la respuesta del *sistema climático*. El PCTG se ha definido de dos formas:

- PCTG fijo: se basa en un horizonte temporal fijo en el futuro (como el PCTG<sub>100</sub> para un horizonte temporal de 100 años)
- PCTG dinámico: se basa en un año objetivo (p. ej., el año en el que se prevé que la temperatura media global alcance un nivel determinado). Por lo que se refiere al PCTG dinámico, el horizonte temporal se reduce con el tiempo a medida que se va aproximando el año objetivo y, por tanto, el valor del PCTG cambia con respecto a las emisiones que tendrán lugar en el futuro. {GTI capítulo 8}

### Precio del carbono (*carbon price*)

Precio por la evitación de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o de *emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente*, o por su liberación. Puede referirse a la tasa del *impuesto sobre el carbono*, o bien al precio de los permisos de emisión. En muchos modelos que se utilizan para evaluar los costos económicos de la *mitigación*, los precios del carbono se utilizan como un indicador para representar el nivel de esfuerzo conexas a las políticas de mitigación. {GTIII}

### Preindustrial (*pre-industrial*)

Véase *Revolución Industrial*. {GTI, II, III}

### Probabilidad (*likelihood*)

Posibilidad de que se produzca un determinado resultado, siempre que sea posible su estimación por métodos probabilísticos. La probabilidad se expresa en este informe mediante una terminología estándar (Mastrandrea y otros, 2010), definida en GTI IE5 cuadro 1.2 y en GTII IE5 recuadro 1.1. Véanse también *confianza* e *incertidumbre*. {GTI, II, III}

### 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, eventualidades socioeconómicas y tecnológicas futuras que podrían o no hacerse realidad. Véase también *proyección climática*. {GTI, II}

### Proyección climática (*climate projection*)

Respuesta simulada del *sistema climático* a diversos escenarios de emisiones o de concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles, frecuentemente basada en simulaciones mediante *mode-*

*los 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. {GTI, II, III}

### Punto crítico (*tipping point*)

Nivel de cambio en las propiedades de un sistema al margen del cual el sistema se reorganiza, generalmente de forma abrupta, y no vuelve al estado inicial incluso aunque se reduzca el efecto de los elementos impulsores del cambio. En el *sistema climático*, umbral crítico en el que los *cambios climáticos* globales o regionales pasan de un estado estable a otro. Los episodios de punto crítico pueden ser irreversibles. Véase también *irreversibilidad*. {GTI, II, III}

### Reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal (REDD) (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD)*)

Iniciativa dirigida a crear valor financiero para el carbono almacenado en los *bosques*, ofreciendo incentivos para que los países en desarrollo reduzcan las emisiones procedentes de las tierras forestales e inviertan en trayectorias de bajo consumo de carbono hacia el *desarrollo sostenible*. Es por tanto un mecanismo de *mitigación* que surge como resultado de evitar la *deforestación*. El programa REDD+ va más allá de la *reforestación* y la degradación forestal e incluye la función de la conservación, la ordenación forestal sostenible y la mejora de las reservas forestales de carbono. El concepto se introdujo por primera vez en 2005 en el 11º período de sesiones de la Conferencia de las Partes (CP) en Montreal y posteriormente obtuvo mayor reconocimiento en el 13º período de sesiones de la CP en Bali y con el Plan de Acción de Bali que pidió "enfoques de política e incentivos positivos para las cuestiones relativas a la reducción de las emisiones debidas a la *deforestación* y la degradación forestal en los países en desarrollo; y la función de la conservación, la gestión sostenible de los *bosques* y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo". Desde entonces, ha aumentado el apoyo a REDD, que poco a poco se ha convertido en un marco para la acción apoyado por diversos países. {GTIII}

### Reforestación (*reforestation*)

Plantación de *bosques* en tierras que ya habían contenido *bosque* pero que habían sido destinadas a otro uso. Para un análisis del término *bosque* y de los conceptos relacionados *forestación*, *reforestación* y *deforestación*, véase el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b). Véase asimismo la información facilitada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 2013). 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). {GTI, II, III}

### Remoción de dióxido de carbono (*carbon dioxide removal (CDR)*)

Los métodos de remoción de dióxido de carbono se refieren a un conjunto de técnicas cuyo objetivo es remover CO<sub>2</sub> directamente de la atmósfera por medio de: 1) el aumento de los *sumideros* naturales de carbono, o 2) el recurso a la ingeniería química para remover el CO<sub>2</sub>, con el propósito de reducir la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico. Dichos métodos se centran en el océano, la tierra y los sistemas técnicos, y comprenden métodos como la fertilización con hierro, la

**forestación** a gran escala y la extracción directa de CO<sub>2</sub> de la atmósfera utilizando medios químicos de ingeniería. Algunos métodos de remoción de CO<sub>2</sub> se clasifican en la categoría de **geoingeniería**, si bien otros son de índole diferente; la distinción entre unos y otros se basa en la magnitud, la escala y el impacto de las actividades particulares de remoción de CO<sub>2</sub>. El límite entre la remoción de CO<sub>2</sub> y la **mitigación** no está claro y podría existir un cierto solapamiento entre ambos conceptos a la vista de sus actuales definiciones (IPCC, 2012b, pág. 2). Véase también **gestión de la radiación solar**. {GTI, III}

#### **Reparto de la carga/reparto de los esfuerzos (*burden sharing/effort sharing*)**

En el contexto de la **mitigación**, el reparto de la carga se refiere al reparto de los esfuerzos de reducción de las fuentes o de mejora de los **sumideros** de los gases de efecto invernadero desde los niveles históricos o proyectados, generalmente asignados en función de unos criterios determinados, así como al reparto del costo entre países. {GTIII}

#### **Resiliencia (*resilience*)**

Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un fenómeno, tendencia o perturbación peligrosa respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conserven al mismo tiempo la capacidad de **adaptación**, aprendizaje y **transformación**<sup>4</sup>. {GTII, III}

#### **Respuesta climática (*climate response*)**

Véase **sensibilidad climática**. {GTI}

#### **Respuesta climática transitoria a las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas (*Transient Climate Response to Cumulative CO<sub>2</sub> Emissions (TCRE)*)**

Cambio transitorio en la temperatura media global en superficie por unidad de emisión de CO<sub>2</sub> acumulado, generalmente 1 000 petagramos de carbono (PgC). La respuesta climática transitoria a las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas combina tanto información sobre la fracción atmosférica de emisiones de CO<sub>2</sub> acumulado (la fracción del CO<sub>2</sub> total emitido que permanece en la atmósfera) como sobre la respuesta climática transitoria. {GTI}

#### **Retroalimentación (*feedback*)**

Véase **retroalimentación climática**. {GTI, II}

#### **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 Quinto 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**. {GTI, II, III}

#### **Revolución Industrial (*Industrial Revolution*)**

Período de rápido crecimiento industrial con consecuencias sociales y económicas de vasto alcance. Comenzó en Gran Bretaña durante la segunda mitad del siglo XVIII y se expandió al principio hacia Europa y después hacia otros países, en particular hacia Estados Unidos. El invento de la máquina de vapor fue uno de sus principales desencadenantes. La Revolución Industrial marca el inicio de un fuerte incremento en el uso de los combustibles fósiles y de la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fósil en particular. En el presente informe, los términos **preindustrial** e **industrial** designan, un tanto arbitrariamente, los períodos anterior y posterior a 1750, respectivamente. {GTI, II, III}

#### **Riesgo (*risk*)**

Consecuencias eventuales en situaciones en que algo de valor está en peligro y el desenlace es incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la **probabilidad** de acaecimiento de fenómenos o tendencias peligrosos multiplicada por los **impactos** en caso de que ocurran tales fenómenos o tendencias. En el presente informe, este término se suele utilizar para referirse a las posibilidades, cuando el resultado es incierto, de que ocurran consecuencias adversas para la vida; los medios de subsistencia; la salud; los **ecosistemas** y las especies; los bienes económicos, sociales y culturales; los servicios (incluidos los servicios ambientales) y la infraestructura. {GTII, III}

#### **Secuestro (*sequestration*)**

Incorporación (esto es, la adición de una sustancia de interés a un reservorio) de sustancias que contienen carbono, en particular, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en reservorios terrestres o marinos. El secuestro biológico consiste, en particular, en la remoción directa de CO<sub>2</sub> de la atmósfera mediante el **cambio de uso del suelo**, la **forestación**, la **reforestación**, la renovación de la vegetación, el almacenamiento de carbono en vertederos, y otras prácticas que aumentan el contenido de carbono en el ámbito de la agricultura (gestión de tierras agrícolas y gestión de pastos). En distintas partes de la literatura, aunque no en este informe, el secuestro (de carbono) se utiliza para hacer referencia a la **captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)**. {GTIII}

#### **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. {GTII, III}

#### **Seguridad energética (*energy security*)**

Objetivo de un país determinado, o de la comunidad mundial en su conjunto, de mantener un abastecimiento de energía suficiente, estable y predecible. Las medidas necesarias para ello consisten en proteger la suficiencia de recursos energéticos para satisfacer la demanda de energía nacional a precios competitivos y estables y salvaguardar la **resiliencia** del suministro de energía; permitir el desarrollo y la aplicación de las tecnologías; construir suficientes infraestructuras para generar, almacenar y transmitir la energía, y garantizar contratos de suministro de cumplimiento obligatorio. {GTIII}

<sup>4</sup> Esta definición se basa en la definición utilizada por el Consejo Ártico (2013).

**Sensibilidad climática (*climate sensitivity*)**

En los informes del IPCC, la *sensibilidad climática en equilibrio* (unidades: °C) denota el cambio en las condiciones de equilibrio (estado constante) de la temperatura media global en superficie por efecto de una duplicación de la *concentración de CO<sub>2</sub>-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 atmosféricos. Pueden utilizarse modelos eficientes conducentes a condiciones de equilibrio con un océano dinámico. El parámetro de sensibilidad climática (unidades: °C (W m<sup>-2</sup>)<sup>-1</sup>) denota el cambio de equilibrio de la temperatura media global en superficie anual de resultados 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 (CO<sub>2</sub>) 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 momento determinado, y puede variar en función del historial de forzamiento y del estado del *clima*, 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 momento de la duplicación del CO<sub>2</sub> 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 (GEI). {GTI, II, III}

**Sensibilidad climática en equilibrio (*equilibrium climate sensitivity*)**

Véase *sensibilidad climática*. {GTI}

**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 actividad particular asociada 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 al abastecimiento de agua (sequía hidrológica). La humedad y las aguas subterráneas almacenadas en el suelo también resultan afectadas por los aumentos en la evapotranspiración efectiva 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 generalizadas, que duran mucho más de lo normal, generalmente

un decenio o más. Para consultar los índices correspondientes, véase GTI IE5 recuadro 2.4. {GTI, II}

**Servicios ecosistémicos (*ecosystem services*)**

Procesos o funciones ecológicas 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, por ejemplo, el turismo o el disfrute espiritual o estético. {GTII, III}

**Sistema climático (*climate system*)**

Sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, y de las interacciones 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 antropógenos, como el cambio de composición de la atmósfera o el *cambio de uso del suelo*. {GTI, II, III}

**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 produzcan daños o pérdidas<sup>5</sup>. {GTIII}

**Sostenibilidad (*sustainability*)**

Proceso dinámico que garantiza la persistencia de los sistemas naturales y humanos de forma equitativa. {GTII, III}

**Sumidero (*sink*)**

Todo proceso, actividad o mecanismo que remueve de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de cualquiera de ellos. {GTI, II, III}

**Transformación (*transformation*)**

Cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos. {GTIII}

**Trayectoria de transformación (*transformation pathway*)**

Trayectoria seguida a lo largo del tiempo para el cumplimiento de los distintos objetivos relativos a las emisiones o concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) o a los cambios de la temperatura media global en superficie, que implica un conjunto de cambios económicos, tecnológicos y de comportamiento. Puede entrañar cambios en el modo en que las infraestructuras y la energía se utilizan y producen, en la gestión de los recursos naturales y en el establecimiento de las instituciones, así como en el ritmo y el rumbo de los cambios tecnológicos. Véanse también *base/referencia*, *escenario de emisiones*, *escenario de mitigación*, *trayectorias de concentración representativas (RCP)* y *escenarios del IE-EE*. {GTIII}

<sup>5</sup> Esta entrada del glosario se basa en las definiciones utilizadas en la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres (UNISDR, 2009) y en el IPCC (2012a).

### Trayectorias de concentración representativas (RCP) (*representative concentration pathways (RCPs)*)

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 concentración 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 generado los correspondientes *escenarios de emisiones*. Las trayectorias de concentración ampliadas describen ampliaciones de las trayectorias de concentración representativas entre 2100 y 2500 calculadas mediante 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 (IPCC, 2013b):

#### RCP2,6

Trayectoria en la que el *forzamiento radiativo* alcanza el valor máximo a aproximadamente 3 W/m<sup>2</sup> antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes 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 W/m<sup>2</sup> y 6,0 W/m<sup>2</sup> después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las concentraciones sean constantes después de 2150).

#### RCP8,5

Trayectoria alta para la cual el *forzamiento radiativo* alcanza valores >8,5 W/m<sup>2</sup> en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempo (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes después de 2100 y las concentraciones sean constantes después de 2250).

Para una descripción más detallada de futuros escenarios, véase GTI IE5 recuadro 1.1. Véase también van Vuuren y otros, 2011. {GTI, II, III}

### Trayectorias de sobrepaso (*overshoot pathways*)

Trayectorias de emisiones, concentraciones o temperaturas en que la medida de interés excede temporalmente, o va más allá del objetivo a largo plazo. {GTIII}

### 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 asociadas al *cambio climático*. {GTII}

### Uso del suelo y cambio de uso del suelo (*land use and land-use change*)

Conjunto de disposiciones, actividades e insumos (conjunto de actividades humanas) adoptados para cierto tipo de cubierta terrestre. La expresión *uso del suelo* se utiliza también en el sentido de los fines sociales y económicos que persigue la ordenación de las tierras (p. ej., pastoreo, y extracción y conservación de madera). En los asentamientos urbanos se refiere a los usos de los terrenos dentro de las ciudades y sus barrios exteriores. El uso de los terrenos urbanos influye en la gestión, estructura y forma de la ciudad y, por consiguiente, en la demanda de energía, en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en la movilidad, entre otros aspectos. {GTI, II, III}

#### Cambio de uso del suelo

Cambio del uso o la gestión del suelo por los seres humanos, que puede originar una modificación de la cubierta terrestre. El cambio de la cubierta terrestre y del uso del suelo puede afectar al *albedo* de la superficie, la evapotranspiración, las fuentes y *sumideros* de gases de efecto invernadero o a otras propiedades del *sistema climático* y pueden, por consiguiente, producir un *forzamiento radiativo* u otros *impactos* sobre el *clima*, a nivel local o global. Véase también el Informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b).

#### Cambio indirecto de uso del suelo

Se refiere a cambios de uso del suelo inducidos por un cambio en el nivel de producción de un producto agrícola en otro lugar, a menudo por mediación de los mercados o impulsado por políticas. Por ejemplo, si el suelo se desvía de su uso agrícola para dedicarlo a la producción de biocombustible, puede que se proceda al desmonte de otro terreno para sustituir la producción agrícola inicial. Véanse también *agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU), forestación, deforestación y reforestación*.

### Variabilidad del clima (*climate variability*)

Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, fenómenos extremos, etc.) del *clima* en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del *sistema climático* (*variabilidad interna*) o a variaciones del *forzamiento externo* natural o antropógeno (*variabilidad externa*). Véase también *cambio climático*. {GTI, II, III}

### Variabilidad interna (*internal variability*)

Véase *variabilidad del clima*. {GTI}

### Vulnerabilidad (*vulnerability*)

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. {GTII}

### Zona de oxígeno mínimo (*oxygen minimum zone (OMZ)*)

Capa intermedia (200-1 000 m) en alta mar con la menor saturación de oxígeno del océano. El grado de agotamiento del oxígeno depende del ingente consumo bacteriano de materia orgánica. La distribución de la zona de oxígeno mínimo depende de la circulación oceánica a gran escala. En las zonas oceánicas costeras, la zona de oxígeno mínimo se extiende hasta la plataforma y también puede afectar a los *ecosistemas* bentónicos. {GTII}

## Referencias

- CMNUCC, 2013: *Reporting and accounting of LULUCF activities under the Kyoto Protocol*. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Bonn, Alemania. Puede consultarse en: <http://unfccc.int/methods/lulucf/items/4129.php>
- Consejo Ártico, 2013: Glossary of terms. En: *Arctic Resilience Interim Report 2013*. Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo y Centro de Resiliencia de Estocolmo, Estocolmo, Suecia, pág. viii.
- 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, D.C., Estados Unidos de América, págs. 893-900.
- Grupo asesor sobre energía y cambio climático, 2010: *Energy for a Sustainable Future*. Grupo asesor sobre energía y cambio climático del Secretario General de las Naciones Unidas, Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 24 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, 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, 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.
- , 2000a: *Emissions Scenarios. Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Nakićenović, N. y R. Swart (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 599 págs.
- , 2000b: *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.
- , 2001a: *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. Moqer, 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.
- , 2001b: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [McCarthy, J., O. Canziani, N. Leary, D. Dokken y K. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 1032 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. Gytarsky, T. Hiraiishi, 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), 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, 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, 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. J. 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.

- , 2013a: Annex III: Glossary [Planton, S. (ed.)]. En: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, págs. 1447-1466, doi:10.1017/CBO9781107415324.031.
- , 2013b: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, 1535 págs., doi:10.1017/CBO9781107415324.
- , 2014a: Annex II: Glossary [Agard, J., E. L. F. Schipper, J. Birkmann, M. Campos, C. Dubeux, Y. Nojiri, L. Olsson, B. Osman-Elasha, M. Pelling, M. J. Prather, M. G. Rivera-Ferre, O. C. Ruppel, A. Sallenger, K. R. Smith, A. L. St. Clair, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea y T. E. Bilir (eds.)]. En: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V. R., C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea y L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, págs. 1757–1776.
- , 2014b: Annex I: Glossary, Acronyms and Chemical Symbols [Allwood, J. M., V. Bosetti, N. K. Dubash, L. Gómez-Echeverri y C. von Stechow (eds.)]. En: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwicker y J. C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, págs. 1251–1274.
- 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*. Informe del taller. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 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, Ginebra, Suiza, 4 págs.
- Moss, R. y S. Schneider, 2000: Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to Lead Authors for More Consistent Assessment and Reporting. In: *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, Ginebra, Suiza, págs. 33–51.
- 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. Nakicenovic, 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. Nakicenovic, 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*. Informe de la reunión de expertos del IPCC celebrada del 19 al 21 de septiembre de 2007 en Noordwijkerhout (Países Bajos), Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, Suiza, 132 págs.
- UNISDR, 2009: *2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), Naciones Unidas, Ginebra, Suiza, 30 págs.
- 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**, págs. 5–31.
- WCED, 1987: *Our Common Future*. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED), Oxford University Press, Oxford, Reino Unido, 300 págs.



**ANEXO**



## **Siglas, símbolos químicos y unidades científicas**

<b>μatm</b>	microatmósfera	<b>IE2</b>	Segundo Informe de Evaluación
<b>AFOLU</b>	agricultura, silvicultura y otros usos del suelo	<b>IE3</b>	Tercer Informe de Evaluación
<b>AMOC</b>	circulación meridional de retorno del Atlántico	<b>IE4</b>	Cuarto Informe de Evaluación
<b>BECCS</b>	bioenergía con captura y almacenamiento de dióxido de carbono	<b>IE5</b>	Quinto Informe de Evaluación
<b>CAC</b>	captura y almacenamiento de dióxido de carbono	<b>IE-EE</b>	Informe especial sobre escenarios de emisiones
<b>CF<sub>4</sub></b>	perfluorometano	<b>LULUCF</b>	uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura
<b>CH<sub>4</sub></b>	metano	<b>MAGICC</b>	Modelo de evaluación del cambio climático causado por los gases de efecto invernadero
<b>CMIP5</b>	quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados	<b>MDL</b>	mecanismo para un desarrollo limpio
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	<b>MDP</b>	motivo de preocupación
<b>CO<sub>2</sub></b>	dióxido de carbono	<b>MRV</b>	medición, notificación y verificación
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	dióxido de carbono-equivalente	<b>N<sub>2</sub>O</b>	óxido nitroso
<b>EDGAR</b>	base de datos de emisiones para la investigación de la atmósfera global	<b>O<sub>2</sub></b>	oxígeno
<b>EJ</b>	exajulio	<b>OACI</b>	Organización de Aviación Civil Internacional
<b>ENOS</b>	El Niño-Oscilación del Sur	<b>OCDE</b>	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
<b>ETE</b>	elemento temático específico	<b>OMI</b>	Organización Marítima Internacional
<b>FOLU</b>	silvicultura y otros usos del suelo	<b>ONG</b>	organización no gubernamental
<b>GEI</b>	gas de efecto invernadero	<b>PCG</b>	potencial de calentamiento global
<b>GEIHM</b>	gas de efecto invernadero homogéneamente mezclado	<b>PCTG</b>	potencial de cambio en la temperatura global
<b>Gt</b>	gigatonelada	<b>PF</b>	pregunta frecuente
<b>GT</b>	Grupo de trabajo	<b>PFC</b>	perfluorocarbono
<b>H<sub>2</sub></b>	hidrógeno	<b>ppm</b>	producto interno bruto
<b>HadCRUT4</b>	conjunto 4 de datos reticulares de la temperatura en superficie del Centro Hadley/Unidad de investigación climática	<b>ppmm</b>	partes por mil millones
<b>HFC</b>	hidrofluorocarbono	<b>RCP</b>	trayectoria de concentración representativa
<b>HFC-152a</b>	hidrofluorocarbono-152a, difluoroetano	<b>REDD</b>	reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación forestal
<b>I+D</b>	investigación y desarrollo	<b>REEEP</b>	Alianza para la Energía Renovable y la Eficiencia Energética
<b>IE1</b>	Primer Informe de Evaluación	<b>RRP</b>	Resumen para responsables de políticas
		<b>RT</b>	Resumen técnico

<b>SM</b>	supplementary material (material complementario, solo en inglés)
<b>SO<sub>2</sub></b>	dióxido de azufre
<b>SREX</b>	Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático
<b>SRREN</b>	Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático
<b>W</b>	vatio



**ANEXO IV**

**Autores y revisores-editores**

**Miembros del Equipo principal de redacción****ALLEN, Myles R.**

Universidad de Oxford  
Reino Unido

**BARROS, Vicente R.**

Copresidente del GTII del IPCC  
Universidad de Buenos Aires  
Argentina

**BROOME, John**

Universidad de Oxford  
Reino Unido

**CHRIST, Renate**

Secretaría del IPCC  
Secretaría del IPCC, Organización Meteorológica Mundial (OMM)  
Suiza

**CHURCH, John A.**

Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth (CSIRO)  
Australia

**CLARKE, Leon**

Laboratorio Nacional para el Noroeste del Pacífico  
Estados Unidos de América

**CRAMER, Wolfgang**

Instituto de Investigaciones de Potsdam sobre el Impacto Climático / Instituto Mediterráneo de Biodiversidad y de Ecología Marina y Continental (IMBE)  
Alemania/Francia

**DASGUPTA, Purnamita**

Universidad Enclave de Delhi  
India

**DUBASH, Navroz**

Centro de Investigación sobre Políticas (Nueva Delhi)  
India

**EDENHOFER, Ottmar**

Copresidente del GTIII del IPCC  
Instituto de Investigaciones de Potsdam sobre el Impacto Climático  
Alemania

**ELGIZOULI, Ismail**

Vicepresidente del IPCC  
Sudán

**FIELD, Christopher B.**

Copresidente del GTII del IPCC  
Carnegie Institution for Science  
Estados Unidos de América

**FORSTER, Piers**

Universidad de Leeds  
Reino Unido

**FRIEDLINGSTEIN, Pierre**

Universidad de Exeter  
Reino Unido

**FUGLESTVEDT, Jan**

Centro de Investigación Internacional sobre el Clima y el Medio Ambiente (CICERO)  
Noruega

**GOMEZ-ECHEVERRI, Luis**

Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA)  
Austria

**HALLEGATTE, Stephane**

Banco Mundial  
Estados Unidos de América

**HEGERL, Gabriele C.**

Universidad de Edimburgo  
Reino Unido

**HOWDEN, Mark**

Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth (CSIRO)  
Australia

**JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca**

Universidad Nacional Autónoma de México / Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)  
México/Francia

**KATTSOV, Vladimir**

Observatorio Principal de Geofísica Voeikov  
Federación de Rusia

**KEJUN, Jiang**

Instituto de Investigaciones de Energía  
China

**LEE, Hoesung**

Vicepresidente del IPCC  
Universidad Keimyung  
República de Corea

**MACH, Katharine J.**

Unidad de apoyo técnico del GTII del IPCC  
Estados Unidos de América

**MAROTZKE, Jochem**

Instituto de Meteorología Max Planck  
Alemania

**MASTRANDREA, Michael D.**

Unidad de apoyo técnico del GTII del IPCC  
Estados Unidos de América

**MEYER, Leo**

Unidad de apoyo técnico del Informe de síntesis del IPCC  
Países Bajos

**MINX, Jan**

Unidad de apoyo técnico del GTIII del IPCC  
Alemania

**MULUGETTA, Yacob**

Universidad de Surrey  
Reino Unido

**O'BRIEN, Karen**

Universidad de Oslo  
Noruega

**OPPENHEIMER, Michael**

Universidad de Princeton  
Estados Unidos de América

**PACHAURI, R. K.**

Presidente del IPCC  
Instituto de Energía y Recursos (TERI)  
India

**PEREIRA, Joy J.**

Universidad Kebangsaan Malaysia  
Malasia

**PICHS-MADRUGA, Ramón**

Copresidente del GTIII del IPCC  
Centro de Investigaciones de la Economía Mundial  
Cuba

**PLATTNER, Gian-Kasper**

Unidad de apoyo técnico del GTI del IPCC  
Suiza

**PÖRTNER, Hans-Otto**

Instituto Alfred Wegener  
Alemania

**POWER, Scott B.**

Oficina de Meteorología  
Australia

**PRESTON, Benjamin**

Laboratorio Nacional Oak Ridge  
Estados Unidos de América

**QIN, Dahe**

Copresidente del GTI del IPCC  
Administración Meteorológica de China  
China

**RAVINDRANATH, N. H.**

Instituto Científico Indio  
India

**REISINGER, Andy**

Centro de investigaciones sobre los gases agrícolas  
de efecto invernadero de Nueva Zelanda  
Nueva Zelanda

**RIAH, Keywan**

Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA)  
Austria

**RUSTICUCCI, Matilde**

Universidad de Buenos Aires  
Argentina

**SCHOLES, Robert**

Consejo de Investigaciones Científicas e Industriales (CSIR)  
Sudáfrica

**SEYBOTH, Kristin**

Unidad de apoyo técnico del GTIII del IPCC  
Estados Unidos de América

**SOKONA, Youba**

Copresidente del GTIII del IPCC  
Centro del Sur  
Suiza

**STAVINS, Robert**

Universidad de Harvard  
Estados Unidos de América

**STOCKER, Thomas F.**

Copresidente del GTI del IPCC  
Universidad de Berna  
Suiza

**TSCHAKERT, Petra**

Universidad del Estado de Pensilvania  
Estados Unidos de América

**VAN VUUREN, Detlef**

Organismo de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (PBL)  
Países Bajos

**VAN YPERSELE, Jean-Pascal**

Vicepresidente del IPCC  
Universidad de Lovaina  
Bélgica

**Miembros del Equipo de redacción ampliado****BLANCO, Gabriel**

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires  
Argentina

**EBY, Michael**

Universidad de Victoria  
Canadá

**EDMONDS, Jae**

Universidad de Maryland  
Estados Unidos de América

**FLEURBAEY, Marc**

Universidad de Princeton  
Estados Unidos de América

**GERLAGH, Reyer**

Universidad de Tilburg  
Países Bajos

**KARTHA, Sivan**

Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo  
Estados Unidos de América

**KUNREUTHER, Howard**

Facultad de Wharton de la Universidad de Pensilvania  
Estados Unidos de América

**ROGELJ, Joeri**

Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA)  
Austria

**SCHAEFFER, Michiel**

Universidad de Wageningen  
Alemania/Países Bajos

**SEDLÁČEK, Jan**

Instituto Federal de Tecnología (ETH) de Zúrich  
Suiza

**SIMS, Ralph**

Universidad Massey  
Nueva Zelanda

**ÜRGE-VORSATZ, Diana**

Universidad de Europa Central  
Hungria

**VICTOR, David G.**

Universidad de California (San Diego)  
Estados Unidos de América

**YOHE, Gary**

Universidad Wesleyan  
Estados Unidos de América

**Editores-revisores****ALDUNCE, Paulina**

Universidad de Chile  
Chile

**CHEN, Wenying**

Universidad Tsinghua  
China

**DOWNING, Thomas**

Alianza Mundial para la Adaptación al Clima  
Reino Unido

**JOUSSAUME, Sylvie**

Laboratorio de las Ciencias del Clima y el Medio Ambiente (LSCE)  
Instituto Pierre Simon Laplace  
Francia

**KUNDZEWICZ, Zbigniew**

Academia de Ciencias de Polonia  
Polonia

**PALUTIKOF, Jean**

Universidad Griffith  
Australia

**SKEA, Jim**

Imperial College London  
Reino Unido

**TANAKA, Kanako**

Organismo de Ciencias y Tecnologías de Japón  
Japón

**TANGANG, Fredolin**

Universidad Nacional de Malasia  
Malasia

**ZHANG, Xiao-Ye**

Administración Meteorológica de China  
China

**ANEXO V**

**Revisores expertos**

**AKIMOTO, Keigo**

Instituto de Investigaciones de Tecnologías Innovadoras en Favor de la Tierra  
Japón

**ALCAMO, Joseph**

Universidad de Kassel  
Alemania

**ALEXANDER, Lisa V.**

Universidad de Nueva Gales del Sur  
Australia

**AMESZ, Bert**

Países Bajos

**ARAKI, Makoto**

Instituto de Investigaciones sobre Silvicultura y Productos Forestales  
Japón

**ARROYO CURRÁS, Tabaré**

WWF International  
México

**BINDOFF, Nathaniel L.**

Universidad de Tasmania  
Australia

**BORGES LANDÁEZ, Pedro Alfredo**

Ministerio de Ciencia y Tecnología  
Venezuela

**BRAGHIERE, Renato**

Universidad de Reading  
Reino Unido

**BRUNO, John**

Universidad de Carolina del Norte (Chapel Hill)  
Estados Unidos de América

**CARTER, Peter**

Climate Emergency Institute  
Canadá

**CASEY, Michael**

Carbon Virgin  
Irlanda

**CHOI, Young-June**

Gobierno Metropolitano de Seúl  
República de Corea

**COHEN, Stewart**

Ministerio del Medio Ambiente de Canadá  
Canadá

**CONVERSI, Alessandra**

Consejo Nacional de Investigación de Italia  
Italia

**DING, Yihui**

Centro Nacional sobre el Clima, Administración Meteorológica de China  
China

**DIXON, Tim**

Programa de Investigación y Desarrollo sobre Gases de Efecto Invernadero (IEAGHG)  
Reino Unido

**DONG, Wenjie**

Universidad Normal de Beijing  
China

**EKHOLM, Tommi**

Centro de Investigación Técnica de Finlandia (VTT)  
Finlandia

**ESASHI, Kei**

Federación de Empresas de Energía Eléctrica  
Japón

**FISCHLIN, Andreas**

Instituto Federal de Tecnología (ETH) de Zúrich  
Suiza

**FITZSIMMONS, Jason**

Colegio de Ingenieros de Servicios de Construcción (CIBSE)  
Reino Unido

**GALE, David**

Real Instituto de Arquitectos Británicos  
Reino Unido

**HABERL, Helmut**

Universidad de Klagenfurt Alpes-Adriático (Viena y Graz)  
Austria

**HARNISCH, Jochen**

Grupo bancario del Instituto de Crédito para la Reconstrucción (KfW)  
Alemania

**HOUSE, Joanna**

Universidad de Bristol  
Reino Unido

**JU, Hui**

Academia China de Ciencias Agrícolas  
China

**KAINUMA, Mikiko**

Instituto Nacional de Estudios Ambientales  
Japón

**KATBEH BADER, Nedal**

Autoridad Supervisora de la Calidad Ambiental  
Palestina

**KAZUNO, Hirofumi**

The Kansai Electric Power Co., Inc.  
Japón

**KHESHGI, Haroon**

ExxonMobil Research and Engineering Company  
Estados Unidos de América

**KOSONEN, Kaisa**

Greenpeace  
Finlandia

**LEFFERTSTRA, Harold**

Organismo Noruego de Medio Ambiente (jubilado)  
Noruega

**LIU, Qiyong**

Instituto Nacional para el Control y la Prevención de Enfermedades  
Contagiosas  
China

**LLASAT, Maria-Carmen**

Universidad de Barcelona  
España

**LYNN, Jonathan**

Secretaría del IPCC, Organización Meteorológica Mundial (OMM)  
Suiza

**MA, Shiming**

Academia China de Ciencias Agrícolas  
China

**MASUDA, Kooiti**

Organismo de Ciencias y Tecnologías Marinas y Terrestres de Japón  
Japón

**MÉNDEZ, Carlos**

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas  
Venezuela

**MENZEL, Lena**

Instituto Alfred Wegener  
Alemania

**MOJTAHED, Vahid**

Universidad Ca' Foscari de Venecia  
Italia

**MOLINA, Tomas**

Universitat de Barcelona  
España

**MURATA, Akihiko**

Centro de Investigación y Desarrollo sobre el Cambio Climático  
Japón

**NDIONE, Jacques Andre**

Centre de Suivi Ecologique  
Senegal

**OZDEMIR, Eray**

Dirección General de Silvicultura  
Turquía

**PALTSEV, Sergey**

Instituto de Tecnología de Massachusetts  
Estados Unidos de América

**PLANTON, Serge**

Météo-France  
Francia

**PLATTNER, Gian-Kasper**

Unidad de apoyo técnico del GTI del IPCC  
Suiza

**POLOCZANSKA, Elvira**

Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth (CSIRO)  
Australia

**PORTER, John**

Universidad de Copenhague  
Dinamarca

**POWER, Scott B.**

Oficina de Meteorología  
Australia

**RAHOLIJAO, Nirivololona**

Oficina Nacional de Meteorología  
Madagascar

**RAMASWAMY, Venkatachalam**

Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA)  
Estados Unidos de América

**RHEIN, Monika**

Universidad de Bremen  
Alemania

**ROGNER, Hans-Holger**

Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA)  
(jubilado)  
Austria

**SCHEI, Tormod Andre**

Statkraft AS  
Noruega

**SCHLEUSSNER, Carl-Friedrich**

Instituto de Investigaciones de Potsdam sobre el Impacto Climático  
Alemania

**SHINE, Keith**

Universidad de Reading  
Reino Unido

**SOUTHWELL, Carl**

Risk and Policy Institute  
Estados Unidos de América

**STOTT, Peter A.**

Centro Hadley del Servicio Meteorológico de Reino Unido  
Reino Unido

**SU, Mingshan**

Centro Nacional de Estrategia sobre el Cambio Climático y Cooperación Internacional  
China

**SUAREZ RODRIGUEZ, Avelino G.**

Instituto de Ecología y Sistemática  
Cuba

**SUGIYAMA, Taishi**

Instituto Central de Investigación para la Industria de la Energía Eléctrica (CRIEPI)  
Japón

**TAKAHASHI, Kiyoshi**

Instituto Nacional de Estudios Ambientales  
Japón

**TAKASHI, Hongo**

Instituto Mitsui de Estudios Estratégicos Globales  
Japón

**TAKEMURA, Toshihiko**

Universidad de Kyushu  
Japón

**TATTERSHALL, David**

Estados Unidos de América

**THORNE, Peter W.**

Centro Nansen de Ecología y Teleobservación de Noruega (NERSC)  
Noruega

**TOL, Richard**

Universidad de Sussex  
Reino Unido

**TSUTSUI, Junichi**

Instituto Central de Investigación para la Industria de la Energía Eléctrica (CRIEPI)  
Japón

**URGE-VORSATZ, Diana**

Universidad de Europa Central  
Hungría

**WARD, Robert**

London School of Economics (LSE)  
Reino Unido

**WARREN, Rachel**

Universidad de East Anglia  
Reino Unido

**WEIR, Tony**

Universidad del Pacífico Sur  
Australia

**WRATT, David**

Instituto Nacional de Investigaciones Hidrológicas y Atmosféricas (NIWA)  
Nueva Zelanda

**WU, Jian Guo**

Academia China de Investigación sobre Ciencias Ambientales  
China

**WUEBBLES, Donald**

Universidad de Illinois  
Estados Unidos de América

**XIA, Chaozong**

China

**YAMIN, Farhana**

University College London (UCL)  
Reino Unido

**YUTA, Sasaki**

Tohoku Electric Power Co., Inc.  
Japón

**ZHANG, Chengyi**

Centro Nacional sobre el Clima  
China

**ZHANG, Guobin**

Administración Estatal de Silvicultura (SFA)  
China

**ZHAO, Zong-Ci**

Administración Meteorológica de China (CMA)  
China

**ZHOU, Guomo**

Universidad de Zhejiang de Agricultura y Silvicultura  
China

**ZHU, Songli**

Instituto de Investigaciones de Energía  
China

**ANEXO VI**

**Publicaciones del Grupo  
Intergubernamental  
de Expertos sobre el  
Cambio Climático**

## Informes de Evaluación

### Quinto Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2013: Bases físicas

Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad

Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático

Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2014: Informe de síntesis

Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

### Cuarto Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2007: Base de las Ciencias Físicas

Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2007: Impacto, adaptación y vulnerabilidad

Contribución del Grupo de trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2007: Mitigación del cambio climático

Contribución del Grupo de trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2007: Informe de síntesis

Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

### Tercer Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2001: La base científica

Contribución del Grupo de trabajo I al Tercer Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad

Contribución del Grupo de trabajo II al Tercer Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2001: Mitigación

Contribución del Grupo de trabajo III al Tercer Informe de Evaluación

#### Cambio climático 2001: Informe de síntesis

Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Tercer Informe de Evaluación

### Segundo Informe de Evaluación

#### Climate Change 1995: Science of Climate Change

Contribución del Grupo de trabajo I al Segundo Informe de Evaluación

#### Climate Change 1995: Scientific-Technical Analyses of Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change

Contribución del Grupo de trabajo II al Segundo Informe de Evaluación

#### Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change

Contribución del Grupo de trabajo III al Segundo Informe de Evaluación

**Cambio climático 1995: Síntesis sobre la información científica y técnica pertinente para interpretar el Artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**  
Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

### Informes complementarios del Primer Informe de Evaluación

#### Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment

Informe suplementario del Grupo de trabajo I del IPCC sobre evaluación científica

#### Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment

Informe suplementario del Grupo de trabajo II del IPCC sobre evaluación de impactos

#### Cambio climático: Las evaluaciones del IPCC de 1990 y 1992

Resumen general del Primer Informe de Evaluación del IPCC, resúmenes para responsables de políticas y suplemento de 1992 del IPCC

### Primer Informe de Evaluación

#### Climate Change: The Scientific Assessment

Informe del Grupo de trabajo I del IPCC sobre evaluación científica, 1990

#### Climate Change: The IPCC Impacts Assessment

Informe del Grupo de trabajo II del IPCC sobre evaluación de impactos, 1990

#### Climate Change: The IPCC Response Strategies

Informe del Grupo de trabajo III del IPCC sobre estrategias de respuesta, 1990

## Informes especiales

**Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático 2012**

**Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático 2011**

**La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono 2005**

**La protección de la capa de ozono y el sistema climático mundial: Cuestiones relativas a los hidrofluorocarbonos y a los perfluorocarbonos (informe conjunto del IPCC y el GETE) 2005**

**Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura 2000**

**Escenarios de emisiones 2000**

**Cuestiones metodológicas y tecnológicas de la transferencia de tecnología 2000**

**La aviación y la atmósfera mundial 1999**

**Las repercusiones regionales del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad** 1997

**Cambio climático 1994: Forzamiento radiativo del cambio climático y evaluación de los escenarios de emisiones IS92 del IPCC** 1994

## Informes metodológicos y directrices técnicas

**Orientaciones revisadas de 2013 sobre buenas prácticas y métodos suplementarios que emanan del Protocolo de Kyoto** 2014

**Suplemento de 2013 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Humedales** 2014

**Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero** (5 volúmenes) 2006

**Definiciones y opciones metodológicas de los inventarios de las emisiones debidas a la degradación de los bosques y a la desvegetación de otros tipos de vegetación directamente provocadas por las actividades humanas** 2003

**Buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura** 2003

**Buenas prácticas y gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero** 2000

**Directrices del IPCC de 1996 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero 1996 (versión revisada)** (3 volúmenes) 1996

**Directrices técnicas del IPCC para evaluar los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación** 1994

**Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero** (3 volúmenes) 1994

**Directrices preliminares para evaluar los impactos del cambio climático** 1992

## Documentos técnicos

**El cambio climático y el agua**  
Documento técnico VI del IPCC, 2008

**Cambio climático y biodiversidad**  
Documento técnico V del IPCC, 2002

**Implicaciones de las propuestas de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub>**  
Documento técnico IV del IPCC, 1997

**Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas**  
Documento técnico III del IPCC, 1997

**Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC**  
Documento técnico II del IPCC, 1997

**Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático**  
Documento técnico I del IPCC, 1996

Para obtener una lista de documentación complementaria publicada por el IPCC (informes de talleres y reuniones), visite [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) o póngase en contacto con la Secretaría del IPCC, c/o Organización Meteorológica Mundial, 7 bis Avenue de la Paix, Case Postale 2300, CH-1211 Genève 2, Suiza.



**E**l Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el órgano internacional que lidera la evaluación del cambio climático. Fue establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con objeto de proporcionar una evaluación internacional autorizada de los aspectos científicos del cambio climático, sobre la base de la información científica, técnica y socioeconómica más reciente publicada en todo el mundo. Las evaluaciones periódicas del IPCC sobre las causas y los impactos del cambio climático, así como las posibles estrategias de respuesta, son los informes disponibles más completos y actualizados sobre el tema y constituyen la fuente de referencia estándar para todos los interesados en el cambio climático del ámbito académico, los gobiernos y la industria de todo el mundo. El presente Informe de síntesis es el cuarto elemento del Quinto Informe de Evaluación del IPCC, Cambio climático 2013/2014. Más de 800 expertos internacionales han evaluado el cambio climático en este Quinto Informe de Evaluación. Las contribuciones de los tres Grupos de trabajo han sido publicadas por Cambridge University Press:

*Cambio climático 2013 – Bases físicas*

Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del IPCC  
(ISBN 9781107661820 edición en rústica; ISBN 9781107057999 edición en cartóné)

*Cambio Climático 2014 – Impactos, adaptación y vulnerabilidad*

Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC  
(Parte A: ISBN 9781107641655 edición en rústica; ISBN 9781107058071 edición en cartóné)  
(Parte B: ISBN 9781107683860 edición en rústica; ISBN 9781107058163 edición en cartóné)

*Cambio climático 2014 – Mitigación del cambio climático*

Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del IPCC  
(ISBN 9781107654815 edición en rústica; ISBN 9781107058217 edición en cartóné)

---

*Cambio climático 2014 – Informe de síntesis* se basa en las evaluaciones realizadas por los tres Grupos de trabajo del IPCC y ha sido escrito por un equipo principal de redacción dedicado. Proporciona una evaluación integrada del cambio climático y aborda los temas siguientes:

- Cambios observados y sus causas
- Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos
- Futuras trayectorias de adaptación, mitigación y desarrollo sostenible
- Adaptación y mitigación